EB70-MT-11.441

MINISTÉRIO DA DEFESA
EXÉRCITO BRASILEIRO
COMANDO DE OPERAÇÕES TERRESTRES

MANUAL TÉCNICO

ATIVIDADE ESPECIAL DE MERGULHO DE CIRCUITO FECHADO

1ª Edição
2025

MINISTÉRIO DA DEFESA
EXÉRCITO BRASILEIRO
COMANDO DE OPERAÇÕES TERRESTRES

MANUAL TÉCNICO

ATIVIDADE ESPECIAL DE MERGULHO DE CIRCUITO FECHADO

1ª Edição
2025

PORTARIA COTER/C Ex Nº 520, DE 03 DE ABRIL DE 2025

EB: 64322.007071/2025-40

Aprova o Manual Técnico EB70-MT-11.441 – Atividade Especial de Mergulho de Circuito Fechado, 1ª Edição, 2025.

O **COMANDANTE DE OPERAÇÕES TERRESTRES**, no uso da atribuição que lhe conferem os incisos II e XI do artigo 10 do Regulamento do Comando de Operações Terrestres (EB10-R-06.001), aprovado pela Portaria do Comandante do Exército nº 914, de 24 de junho de 2019, e de acordo com o que estabelecem os artigos 5º, 12 e 44 das Instruções Gerais para as Publicações Padronizadas do Exército (EB10-IG-01.002), aprovadas pela Portaria do Comandante do Exército nº 770, de 7 de dezembro de 2011, e alteradas pela Portaria do Comandante do Exército nº 1.266, de 11 de dezembro de 2013, resolve:

Art. 1º Fica aprovado o Manual Técnico EB70-MT-11.441 – Atividade Especial de Mergulho de Circuito Fechado, 1ª Edição, 2025, que com esta baixa.

Art. 2º Esta portaria entrará em vigor a partir de sua publicação.

Gen Ex ANDRÉ LUIS NOVAES MIRANDA
Comandante de Operações Terrestres

(Publicado no Boletim do Exército nº 15, de11 de abril de 2025)

FOLHA REGISTRO DE MODIFICAÇÕES (FRM)

NÚMERO DE ORDEM	ATO DE APROVAÇÃO	PÁGINAS AFETADAS	DATA

ÍNDICE DE ASSUNTOS

CAPÍTULO I - GENERALIDADES Pag

1.1 Considerações Iniciais 1-1

1.2 Finalidade do Manual Técnico 1-1

1.3 Definições Básicas 1-2

CAPÍTULO II - EQUIPAMENTO DE MERGULHO DE CIRCUITO FECHADO

2.1 Características gerais 2-1

2.2 Características técnicas 2-3

2.3 Desempenho da CAL Sodada 2-4

2.4 Descrição do equipamento..... 2-5

2.5 Opções de utilização..... 2-13

2.6 Preparação do equipamento para o mergulho..... 2-18

2.7 Equipagem..... 2-21

2.8 Recomendações de segurança para o uso..... 2-22

2.9 Manutenção pós-uso..... 2-23

2.10 Manutenção pré-armazenamento..... 2-23

2.11 Cuidados adicionais e armazenamento..... 2-28

2.12 Procedimentos de manutenção anual preventiva..... 2-29

2.13 Recomendações do fabricante..... 2-36

CAPÍTULO III - ASPECTOS MÉDICOS DO MERGULHO COM OXIGÊNIO EM CIRCUITO FECHADO

3.1 Considerações iniciais 3-1

3.2 Toxidade do oxigênio 3-1

3.3 Hiperóxia 3-2

3.4 Hipóxia 3-5

3.5 Hipercapnia 3-7

3.6 Lesões químicas 3-8

3.7 Síndrome de absorção de oxigênio no ouvido médio 3-9

CAPÍTULO IV – PLANEJAMENTO DE MERGULHOS COM OXIGÊNIO EM CIRCUITO FECHADO

4.1 Considerações iniciais 4-1

4.2 Limites das imersões com variação de profundidade (excursões) 4-2

4.3 Regras da excursão..... 4-3

4.4 Aumentos inadvertidos de profundidade..... 4-3
4.5 Limites das imersões em profundidade singela..... 4-3
4.6 Regras para mergulhos sucessivos..... 4-4
4.7 Autonomia dos equipamentos de mergulho com circuito fechado..... 4-5
4.8 Planejamento das operações..... 4-6

CAPÍTULO V – RECARGA DE CILINDROS DE OXIGÊNIO

5.1 Considerações iniciais…….....…….. 5-1
5.2 Perigos no manuseio do oxigênio puro…….....……..…… 5-1
5.3 Análise do oxigênio..... 5-3
5.4 Cuidados especiais..... 5-3
5.5 Armazenamento do oxigênio..... 5-4
5.6 Cilindros de O2..... 5-4
5.7 Recarga do cilindro de oxigênio..... 5-7
5.8 Recarga do cilindro de ar auxiliar do colete de segurança..... 5-9

REFERÊNCIAS..... R-1

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1.1.1 É considerado equipamento de mergulho de circuito fechado aquele que o mergulhador realiza suas atividades de mergulho respirando o oxigênio a 100%, ou muito próximo dos 100%, sem que haja o escape de gases para o ambiente externo. Ou seja, todo gás empregado no mergulho é absorvido pelo organismo (O_2) ou filtrado pelo equipamento (CO_2).

1.1.2 O uso de oxigênio a 100% evita a formação e o acúmulo de gás inerte no sangue do mergulhador, possibilitando que todo o gás respirado seja transportado para as necessidades metabólicas do corpo.

1.1.3 O gás carbônico exalado durante o ciclo respiratório é transportado pela traqueia de exaustão até o canister, local onde é filtrado pelo absorvente de CO_2 mediante um processo químico.

1.1.4 Após filtrado o ar exalado retorna para o saco respiratório onde permanece até o próximo ciclo.

1.1.5 À medida que o oxigênio é consumindo pelo metabolismo do mergulhador, cria-se uma diferença de pressão neste saco respiratório que recebe uma nova quantidade de oxigênio da ampola de O2 por intermédio do sistema de admissão do equipamento.

1.1.6 Os equipamentos de mergulho de circuito fechado apresentam uma série de vantagens específicas para as operações de mergulho de combate, dentre elas se destacam a discrição por não eliminar bolhas, maior autonomia e menor peso quando comparados com equipamentos de mergulho de circuito aberto.

1.1.7 Entretanto, também apresentam algumas desvantagens como um maior risco ao mergulhador, requer um adestramento especializado e possui um custo elevado de aquisição e manutenção.

1.2 FINALIDADE DO MANUAL TÉCNICO

– Este Manual Técnico tem a finalidade de servir de fundamento teórico e técnico para o ensino e exercício da Atividade Especial de Mergulho de Circuito Fechado (AEMCF), no âmbito do EB, enfatizando o funcionamento do equipamento *Full Range Oxygen Gas System* (FROGS), bem como, os aspectos médicos para a realização dos mergulhos, o planejamento das operações, e as técnicas de recarga dos cilindros com oxigênio.

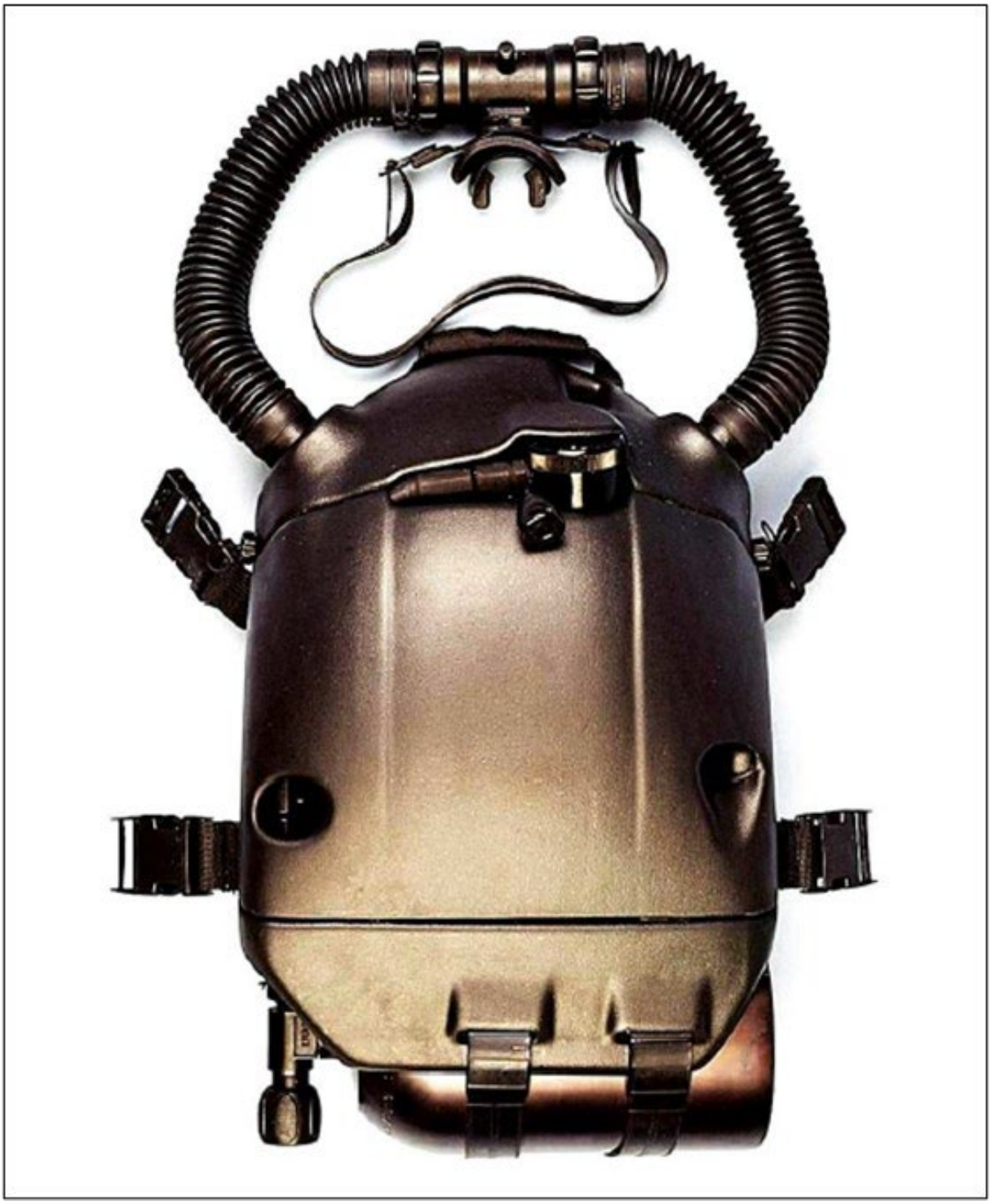


Fig 1-1 - Equipamento *Full Range Oxygen Gas System* (FROGS)

1.3 DEFINIÇÕES BÁSICAS

1.3.1 ÁGUAS INTERIORES

– São massas de água compreendidas por baías, canais,rios, lagoas e represas, bem como toda faixa marítima abrigada por proteção natural ou artificial.

1.3.2 ACIDENTE DE MERGULHO

– É todo acidente causado ao mergulhador durante a execução de uma Atividade Especial de Mergulho.

1.3.3 ATIVIDADE ESPECIAL DE MERGULHO DE CIRCUITO FECHADO (AEMCF)

– É aquela desempenhada por militares da ativa do EB, habilitados para o cumprimento de missão militar de mergulho, podendo ser acompanhados por militares de outras forças armadas, policiais/bombeiros militares ou civis tecnicamente e legalmente habilitados para a mesma atividade.

1.3.4 AUXILIAR DE SUPERFÍCIE

– É o militar, preferencialmente mergulhador, incumbido dos trabalhos de apoio na superfície ao supervisor de mergulho.

1.3.5 CÂMARA HIPERBÁRICA OU DE RECOMPRESSÃO/DESCOMPRESSÃO

– É um vaso de pressão especialmente projetado para a ocupação humana, no qual os ocupantes podem ser submetidos às condições hiperbáricas.

1.3.6 CONDIÇÃO HIPERBÁRICA

– É qualquer condição em que a pressão ambiente seja maior que a atmosférica, tanto na água como fora dela.

1.3.7 EQUIPE DE MERGULHO

– É um conjunto de pessoas que participam de uma operação de mergulho, devendo dela fazer parte os mergulhadores, o supervisor e todo o pessoal necessário a conduzir a operação com segurança.

1.3.8 EXCURSÃO

– É quando o mergulhador desce abaixo dos 6 m de profundidade e retorna a cota de 6 m de profundidade.

1.3.9 INTERVALO DE SUPERFÍCIE DE O_2

– É o tempo desde o fechamento da válvula, passando para circuito aberto de um mergulho, até a abertura da válvula, passando para circuito fechado, do próximo mergulho.

1.3.10 LINHA DE CANGA

– É o cabo de boa resistência que permite uma fácil retirada e recolocação no braço, tem a função de ligar a dupla de mergulhadores autônomos entre si.

1.3.11 LIVRO DE REGISTRO DE MERGULHO (LRM)

– É o documento que registra as operações de mergulho realizadas.

1.3.12 MERGULHADOR DE SEGURANÇA

– É o mergulhador que permanecerá na superfície, preparado para mergulhar em caso de emergência com os mergulhadores submersos.

1.3.13 MERGULHO AUTÔNOMO

– É a modalidade mergulho na qual o mergulhador conduz a sua própria fonte respiratória.

1.3.14 MERGULHO AUTÔNOMO DE CIRCUITO ABERTO

– É todo aquele em que o gás necessário para o mergulho é levado pelo mergulhador em cilindros de alta pressão, sendo exalado para o meio ambiente após cada respiração. Esta forma de mergulho não está incluída nos objetivos deste Manual Técnico.

1.3.15 MERGULHO AUTÔNOMO DE CIRCUITO FECHADO

– É aquele em que o gás expelido pela respiração do mergulhador não é lançado no meio aquático, sendo reciclado e aproveitado pelo mergulhador, permanecendo assim dentro do aparelho de mergulho.

1.3.16 MERGULHO SUCESSIVO DE O_2

– É um mergulho que segue um prévio mergulho com O_2 após um intervalo de superfície menor que 2 horas.

1.3.17 MISSÃO MILITAR DE MERGULHO

– É todo e qualquer mergulho realizado em atividades militares.

1.3.18 OPERAÇÃO DE MERGULHO

– É a atividade que envolve trabalhos submersos com emprego de mergulhadores e que se estende desde os procedimentos iniciais de preparação até o final do período de observação do mergulhador.

1.3.19 ORGANIZAÇÃO MILITAR ESPECÍFICA DE MERGULHO (OMEM)

– É a organização militar que dispõe de pessoal e materiais especializados para a realização da AEM.

1.3.20 PLATAFORMA DE MERGULHO

– É um navio, embarcação, balsa, estrutura fixa ou flutuante, estaleiro, cais ou qualquer local a partir do qual se realiza o mergulho.

1.3.21 PRESSÃO ABSOLUTA

– É a pressão do meio que envolve o mergulhador, seja dentro ou fora da água.

1.3.22 PROFUNDIDADE SINGELA

– É o mergulho, sem excursão, no qual é necessário navegar a uma profundidade maior que 6 m.

1.3.23 READAPTAÇÃO

– É a condição na qual o mergulhador se encontra após passar mais do que 120 (cento e vinte) dias sem realizar, no mínimo, 2 horas de mergulho.

1.3.24 REGRAS DE SEGURANÇA

– São os procedimentos básicos que devem ser observados nas operações de mergulho, de forma a garantir a execução em perfeita segurança e a integridade física dos mergulhadores autônomos.

1.3.25 SUPERVISOR DE MERGULHO

– É o mergulhador, qualificado e legalmente habilitado, designado pela autoridade competente para supervisionar a operação de mergulho.

1.3.26 TRÂNSITO

– É o mergulho com profundidade igual ou menor que 6 m.

1.3.27 TEMPO DE EXCURSÃO

– Começa assim que o mergulhador ultrapassa a profundidade de 6 m e termina quando retorna a cota de 6 m.

1.3.28 TEMPO DE OXIGÊNIO

– Começa assim que o mergulhador inicia a respiração de oxigênio (O_2) puro e termina quando se interrompe o mergulho e volta a respirar o ar atmosférico.

CAPÍTULO II

EQUIPAMENTO DE MERGULHO DE CIRCUITO FECHADO

2.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS

2.1.1 DEFINIÇÕES DO EQUIPAMENTO

2.1.1.1 O FROGS é um equipamento de mergulho autônomo de circuito fechado no qual o mergulhador utiliza o oxigênio puro para sua respiração.

2.1.1.2 Ele foi desenvolvido para fins militares sendo rústico e de simples manejo. É fabricado de material rígido, na coloração preta e projetado com silhueta hidrodinâmica que lhe permite alcançar um alto rendimento no decorrer do mergulho. Devido ao seu volume reduzido pode ser empregado tanto na frente do mergulhador, quanto nas suas costas, utilizando o kit dorsal.

2.1.2 FUNCIONAMENTO

2.1.2.1 Ao empregar o FROGS, o mergulhador deverá, inicialmente, realizar o “Processo de Lavagem”.

2.1.2.2 Basicamente, este processo consiste em inalar o oxigênio puro do equipamento e exalar o Ar Atmosférico (Aprox. 79%N + 21%O_2) juntamente com o CO_2, existentes nos pulmões, para o meio ambiente.

2.1.2.3 Este ciclo deverá ser repetido, no mínimo, por três vezes, para assegurar que o mergulhador passe a respirar o O_2 puro no decorrer do mergulho.

2.1.2.4 Após realizado este processo, o circuito do FROGS deverá permanecer no modo fechado para o ar atmosférico e uma vez que se abra o circuito o processo de lavagem deverá ser repetido.

2.1.2.5 Assim, ao utilizar o FROGS, o mergulhador inala o O_2 puro existente no saco respiratório pelo bocal (Fig2.1).

2.1.2.6 Por diferença de pressão, o gás é liberado pela válvula de admissão e se desloca pela traqueia direita até o mergulhador.

2.1.2.7 Ao exalar (Fig 2.2), a mistura gasosa (O_2 + CO_2) é liberada pela válvula de expiração e passa pela traqueia esquerda até chegar no Canister (depósito de Cal Sodada), local onde se absorve o CO_2 da mistura gasosa e permite a livre passagem do O_2 residual que retorna ao saco respiratório para que assim se complete um ciclo.

2.1.2.8 Conforme o corpo do mergulhador vai consumindo o O_2 no decorrer do mergulho, o volume de gás no saco respiratório também reduz.

2.1.2.9 Ao finalizar este gás do saco respiratório, o FROGS injeta por diferença de

pressão o oxigênio contido no cilindro de O² acoplado ao equipamento.

2.1.2.10 Com isso, o sistema se autoalimenta e é conferido ao mergulhador uma autonomia de até 240 minutos de mergulho.

2.1.3 FASES

2.1.3.1 Fase de inalação

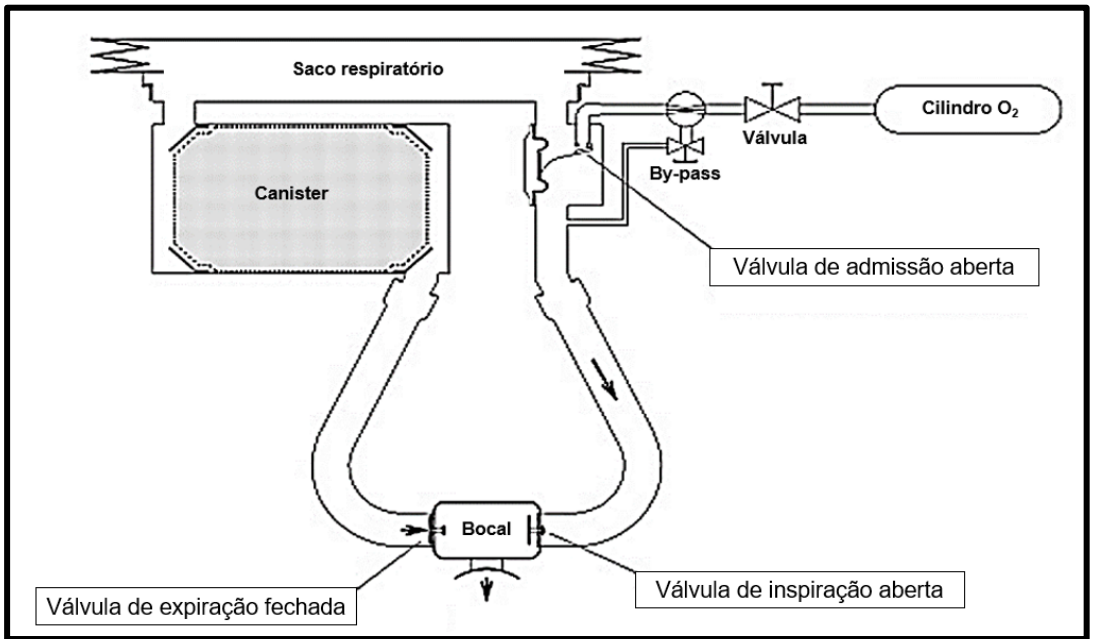


Fig 2.1 - Inalação de O_2

2.1.3.2 Fase de expiração

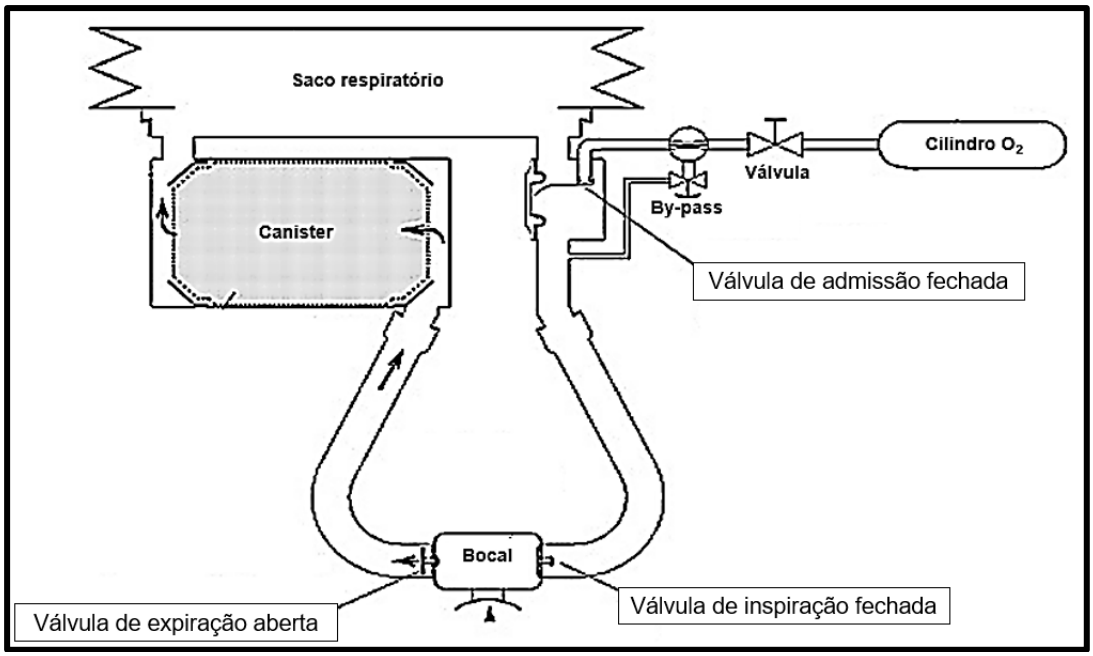


Fig 2.2 - Expiração de O2 e CO2

2.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

2.2.1 PESO:

Equipamento completo pronto para utilização	14,3 kg fora d'água
Equipamento completo sem cal sodada nem gás	11 kg fora d'água
Equipamento completo pronto para utilização (saco respiratório vazio)	- 0,5 kg dentro d'água

Tab 2.1 - Peso

2.2.2 DIMENSÕES: 480 mm x 300 mm x 190 mm

2.2.3 CILINDRO DE OXIGÊNIO:

Fabricado em liga de alumínio não magnética Al 6061	
Volume	2,1 litros
Pressão de trabalho	200 bar
Pressão de teste	300 bar

Tab 2.2 - Cilindro

2.2.4 PRESSÃO DE SAÍDA DA VÁLVULA REGULADORA DE 1º ESTÁGIO: 9,2 bar +- 1,0 bar

2.2.5 CANISTER: Capacidade de receber 2,5 kg de cal sodada.

2.2.6 SACO RESPIRATÓRIO: Volume máximo 4,5 litros.

2.2.7 PUREZA DO OXIGÊNIO A SER UTILIZADO: Superior a 99,5%.

2.2.8 CAL SODADA A SER EMPREGADA:

– Tipo SODASORB ou com as características mínimas equivalentes.

Fig 2.2 - Cal sodada

2.2.9 AUTONOMIA DO CILINDRO DE O_2:

– 240 minutos.

2.2.10 AUTONOMIA DE TRABALHO DA CAL SODADA EXISTENTE NO CANISTER:

- Até 240 minutos.

2.2.11 AMAGNETISMO:

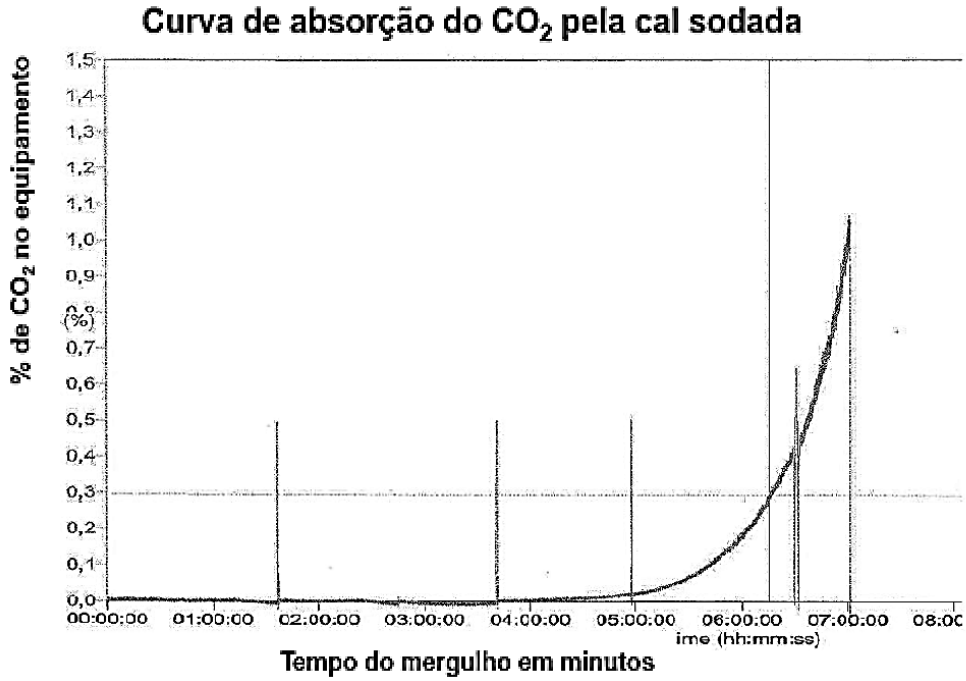
- Conforme a STANAG OTAN 1131 EOD.

2.2.12 ACÚSTICA:

- Conforme a STANAG OTAN 1158 W.

2.3 DESEMPENHO DA CAL SODADA

2.3.1 OS RESULTADOS DOS ENSAIOS DEMONSTRADOS A SEGUIR FORAM REALIZADOS EM LABORATÓRIO COM EMPREGO DE SIMULADORES E SOMENTE PODEM SER UTILIZADOS PARA FINS DEMONSTRATIVOS.



Tab 2.3 - Autonomia do FROGS

2.3.2 PARÂMETROS UTILIZADOS NA REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS:

Cal sodada utilizada	*Sodasorb* 4/8 H 16 WSL
Volume respiratório	1 litro
Frequência respiratória	20 l/min
Injeção de CO_2	0,8 l/min
Temperatura da água	15° C

Tab 2.4 – Parâmetros de ensaio

2.4 DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO

2.4.1 O equipamento de mergulho FROGS está completamente contido dentro de uma casca externa rígida que envolve os diferentes elementos: canister e saco respiratório, entre outros que são suportados por uma estrutura de ABS moldada (*harness*).

Fig 2.3 – Equipamento de mergulho FROGS

2.4.2 O aparelho foi projetado para facilitar ao máximo sua utilização, cuidados e manutenção.

2.4.3 Não são necessárias ferramentas para o uso e manutenção diários normais e seu *design* modular permite uma manutenção simples.

2.4.4 CANISTER

Fig 2.4 – Canister

2.4.4.1 O canister tem dois componentes principais:

a) o corpo do canister; e
b) a cesta de absorção de CO_2.

2.4.4.2 O corpo do cartucho

2.4.4.2.1 É feito de plástico resistente a choques, que oferece excelentes propriedades de isolamento.

2.4.4.2.2 Constitui a estrutura principal do aparelho ao qual estão ligados todos os outros elementos.

2.4.4.2.3 Determina o circuito de inalação/expiração, cujo fluxo foi especialmente estudado para reduzir ao mínimo a resistência respiratória.

2.4.4.2.4 Inclui dois coletores de água adicionais (um para inalação e outro para expiração).

2.4.4.2.5 O corpo do canister foi projetado para permitir um esvaziamento e rápida limpeza dos coletores de água quando se extrai a cal sodada, manualmente do seu alojamento.

2.4.4.3 Cesta de absorção

2.4.4.3.1 É constituída por um cesto cilíndrico com uma grelha em cada extremidade.

2.4.4.3.2 A ampla abertura (grade removível) facilita o enchimento e o esvaziamento da cal sodada.

2.4.4.3.3 Tem capacidade para cerca de 2,5 Kg (SODASORB cal sodada).

2.4.4.3.4 A geometria interna do cesto (com seu defletor) foi projetada para maximizar a eficiência da cal sodada de modo a dar uma duração superior a 240 minutos.

2.4.4.3.5 A colocação do canister no equipamento se realiza simplesmente deslizando-o no corpo do FROGS.

2.4.4.3.6 Sua fixação é garantida por uma arruela elástica.

2.4.4.3.7 A cesta pode ser facilmente extraída usando a alça flexível. A vedação entre a cesta e o corpo do FROGS é feita com um *o-ring*.

2.4.4.3.8 O equipamento é fechado encaixando o saco respiratório e prendendo-o com um uma argola de fechamento rápido.

2.4.5 CILINDO DE O_2

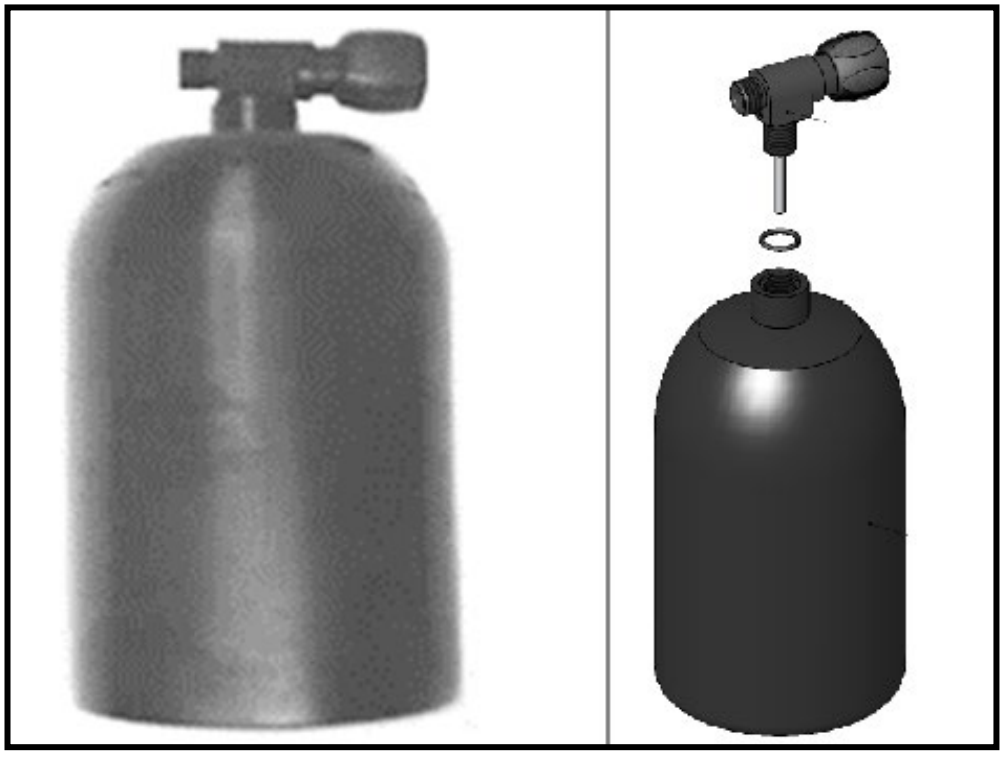


Fig 2.5 - Cilindro de O2

2.4.5.1 O cilindro de oxigênio é fabricado em liga de alumínio não magnética, Al 6061.

2.4.5.2 É posicionado na parte inferior do FROGS e preso por duas correias.

2.4.5.3 Sua capacidade na água é de 2,1 litros de oxigênio, sendo sua pressão de trabalho de 200 bar e sua pressão de teste é fixada em 300 bar.

2.4.5.4 Os cilindros têm tratamento interno e externo contra corrosão por oxidação anódica, porém devem ser testados, periodicamente, de acordo com os regulamentos de uso no país.

2.4.6 REGULADOR DE 1º ESTÁGIO (HP/MP)

2.4.6.1 O regulador consiste basicamente em uma parte móvel (o pistão diferencial) que possui duas extremidades opostas de superfície desigual.

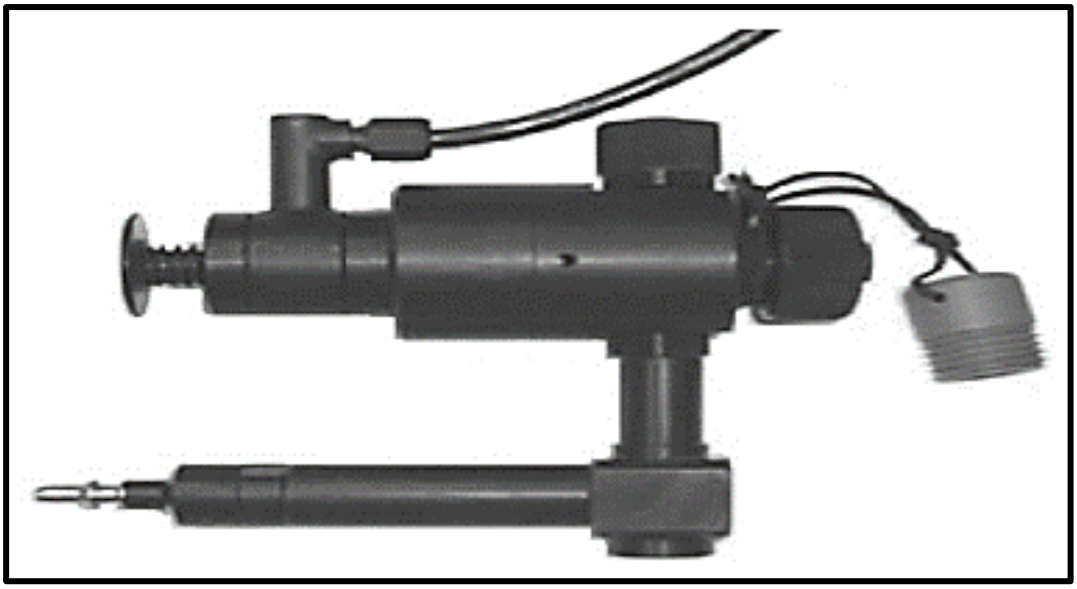


Fig 2.6 - Regulador de 1º estágio e *by-pass*

2.4.6.2 As extremidades são isoladas do ambiente por 2 *o-rings*: um orifício central conecta a câmara alta pressão (seção menor) com a câmara de média pressão (seção maior).

2.4.6.3 Qualquer aumento de pressão na câmara MP (média pressão) moverá o pistão de forma a obstruir a entrada de gás HP (alta pressão).

2.4.6.4 A estanqueidade é dada por uma pastilha substituível na extremidade menor do pistão.

2.4.6.5 Uma mola calibrada é comprimida pelo pistão ao tentar fechar a entrada de HP, reduzindo os efeitos da fricção do *o-ring* a proporções insignificantes e proporcionando uma pressão de trabalho constante de 9,2 bar (+/- 1 bar).

2.4.6.6 Três orifícios de balanceamento conectam o alojamento da mola com o exterior, de modo que a pressão ambiente que atua na face interna do pistão é adicionada à pressão da mola.

2.4.6.7 Um filtro de metal sinterizado e instalado na entrada HP do regulador. O regulador é perfeitamente silencioso em sua operação.

2.4.7 SISTEMA *BY-PASS*

2.4.7.1 O FROGS está equipado com um sistema suplementar de injeção manual de oxigênio conhecido como *by-pass*.

– O sistema é montado na primeira parte do regulador de 1º estágio HP/MP.

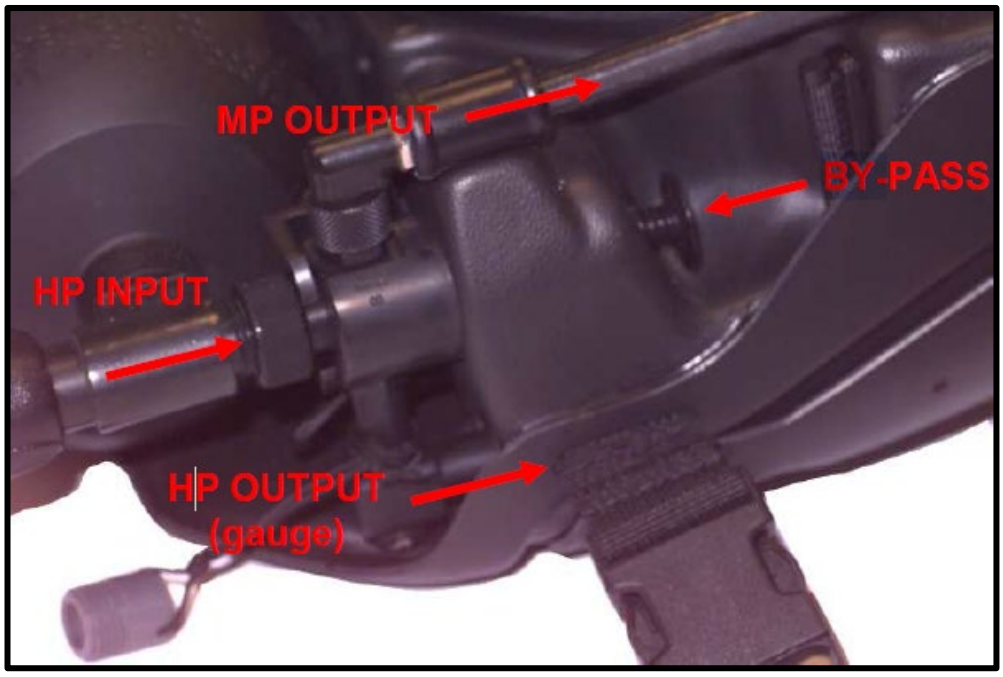


Fig 2.6 - Sistema by-pass

2.4.7.2 Quando manualmente acionado, o sistema injeta oxigênio diretamente na traqueia de inalação do FROGS. Seu fluxo é controlado de forma a evitar que seja liberado gás em excesso e de forma violenta.

2.4.7.3 Este sistema fornece segurança adicional ao mergulhador, uma vez que permite enviar o gás diretamente para a traqueia de inalação, permitindo que ela também seja utilizada mesmo quando parcialmente danificada.

2.4.7.4 Do ponto de vista da segurança, oferece todas as garantias técnicas de funcionamento, mesmo em caso de eventual falha do sistema normal de entrega do de média e baixa pressão (MP/LP).

2.4.7.5 Em um nível operacional, o *by-pass*, utilizado em conjunto com o volante de ajuste MP/LP, mostra-se extremamente útil durante operações em profundidades rasas ou que requeiram variações na profundidade sem que se produza uma liberação intempestiva do bolhas.

2.4.8 MÓDULO DE BAIXA PRESSÃO (LP)

2.4.8.1 O módulo LP é um regulador de demanda de segundo estágio. É composto por um invólucro que conecta o fluxo de gás ao circuito de inalação, um injetor de fluxo MP/LP, um diafragma circular e uma tampa protetora.

2.4.8.2 O oxigênio é admitido por uma simples pressão do diafragma. Este, por sua vez, age na alavanca que comanda a abertura da segunda etapa.

2.4.8.3 O módulo LP é posicionado de forma que seja minimamente afetado por qualquer mudança na posição do mergulhador. Sua posição ideal deve estar relacionada ao centro de referência da pressão pulmonar a fim de reduzir ao mínimo a resistência respiratória.

2.4.8.4 A sensibilidade de admissão de gases pode ser ajustada da posição de "fluxo livre" para "máximo pesado" de acordo com os requisitos respiratórios. Este ajuste é feito usando um volante serrilhado que oferece ajuste fino em uma faixa muito ampla.

2.4.8.5 O nível de ruído, durante a injeção de gás, é reduzido ao mínimo graças a um filtro poroso que difunde o fluxo de gás.

2.4.9 SACO RESPIRATÓRIO

Fig 2.7 - Saco respiratório

2.4.9.1 O saco respiratório ou "contra pulmão" tem um formato de fole em três seções, sendo retangular com cantos arredondados.

2.4.9.2 O material utilizado é um tipo de poliuretano soldado por alta frequência. Este tipo de construção oferece uma perfeita estanqueidade e uma boa resistência mecânica nas uniões entre os diferentes elementos.

2.4.9.3 O material oferece alta resistência ao rasgo e à abrasão, ao mesmo tempo em que permite o conforto respiratório necessário.

2.4.9.4 Tem uma capacidade útil máxima de 4,5 litros. Possui um conector moldado que é montado diretamente no corpo do canister.

2.4.9.5 A conexão hermética é permitida por um colar de fechamento rápido.

2.4.9.6 Um coletor de água circular moldado é inserido entre o saco respiratório e o canister. Isso permite que qualquer água de condensação seja coletada e mantida no saco respiratório para evitar o alagamento da cal sodada com água.

2.4.10 CONECTORES DE INALAÇÃO E EXPIRAÇÃO

2.4.10.1 Esses conectores de plástico são presos ao corpo do cartucho por quatro parafusos.

– Eles são selados com *o-rings* e colocam as traqueias na posição mais confortável para o mergulhador. Os dois conectores são simétricos.

2.4.10.2 O conector de inalação também é adaptado para conectar ao módulo LP. Ele também se conecta à mangueira flexível do *by-pass*.

2.4.11 CONJUNTO TRAQUEIAS, VÁLVULAS E CONEXÕES

2.4.11.1 As traqueias flexíveis são moldadas em elastômero preto. Essas mangueiras têm um grande diâmetro para proporcionar o máximo de conforto respiratório.

– O diâmetro interno é de 30 mm, o diâmetro externo é de 45 mm.

2.4.11.2 Elas conectam o bocal aos conectores de inalação e exalação por meio das conexões instaladas em cada extremidade.

2.4.11.3 As conexões estão equipadas com um sistema de ligação que evita qualquer possibilidade de inversão acidental no sentido do fluxo do gás durante a remontagem.

2.4.11.4 A estanqueidade é garantida por meio de *o-rings*, e o fechamento permitido por meio de parafusos serrilhados ergonômicos.

2.4.11.5 As válvulas de inalação e exalação são idênticas e são moldadas em silicone. Elas garantem que o gás flua em apenas uma direção.

2.4.11.6 A válvula de inalação é montada em seu assento fixo no conector de inalação.

2.4.11.7 A válvula de exalação é montada em uma sede móvel no conector de exalação, mantida no lugar por um *o-ring*.

2.4.11.8 As válvulas são posicionadas o mais próximo possível do bocal, reduzindo ao mínimo a inalação do CO_2 residual após cada exalação.

2.4.12 BOCAL

Fig 2.8 - Bocal e conectores

2.4.12.1 Inclui o bocal, com tampa labial e uma alça de pescoço que mantém o bocal confortavelmente no lugar.

2.4.12.2 A rotação da torneira de um quarto de volta, que possui corpo cilíndrico moldado em resina sintética, é controlada por uma pequena alavanca na frente.

2.4.12.3 Na posição *snorkel* (ponto vermelho escondido) permite a respiração do ar atmosférico.

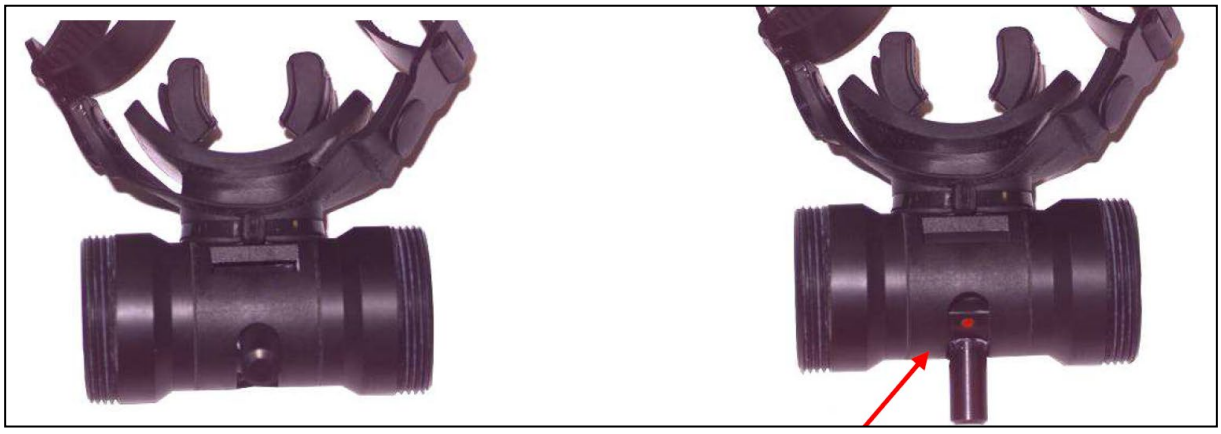


Fig 2.8 - ponto vermelho visível

2.4.12.4 Na posição de mergulho (ponto vermelho visível) a respiração é feita apenas através do circuito fechado.

2.4.12.5 A vedação hermética é mantida pela pressão exercida por dois anéis de retenção no anel interno da torneira, previamente lubrificado com graxa compatível com oxigênio. É a graxa compatível com oxigênio que permite a fácil rotação do anel.

2.4.12.6 Em cada extremidade do bocal existe uma conexão que faz a interface com os conectores roscados nas traqueias.

2.4.12.7 O bocal é simétrico, o que permite ao usuário posicionar a alavanca de abertura na posição superior ou inferior conforme sua preferência.

2.5 OPÇÕES DE UTILIZAÇÃO

2.5.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

2.5.1.1 O aparelho foi projetado principalmente para uso como sistema frontal. No entanto, pode ser convertido para um sistema de montagem dorsal por meio do kit ref. 495390.

2.5.1.2 A conversão não requer ferramentas especiais, apenas a substituição das traqueias e do manômetro.

2.5.1.3 A operação na posição de montagem dorsal é idêntica à da montagem frontal, exceto o fato de que o ajuste de sensibilidade do regulador MP não estará mais acessível ao mergulhador, sendo necessário ser ajustado antes do mergulho.

2.5.2 ACESSÓRIOS

2.5.2.1 Colete triangular

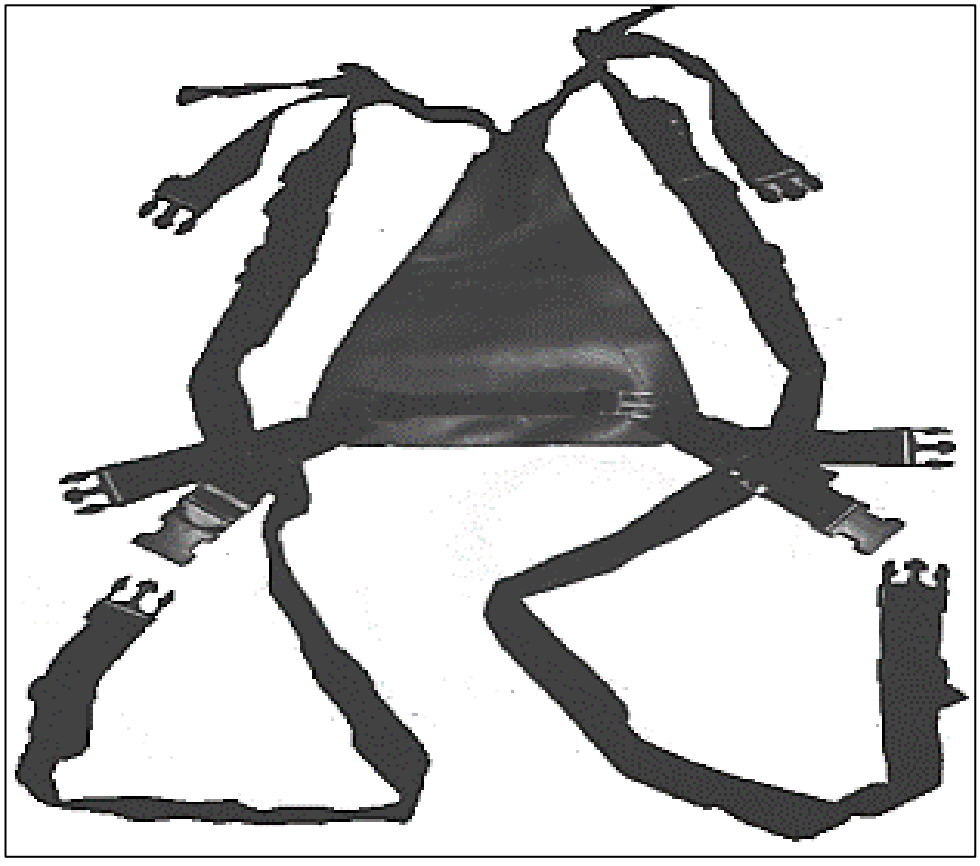


Fig 2.9 - Colete triangular

2.5.2.1.1 O colete possui uma armação dorsal triangular, alças de ombro e alças de perna, permitindo que o FROGS seja mantido firmemente na posição correta, no peito do mergulhador.

2.5.2.1.2 As correias do colete são ajustadas usando as fivelas ITW SR 40.

2.5.2.1.3 O colete triangular permite que o peso do FROGS seja distribuído uniformemente nas costas do mergulhador.

2.5.2.2 Colete com lastro integrado

2.5.2.2.1 É um colete que possui um sistema de lastro integrado e que foi especialmente desenvolvido para este aparelho.

2.5.2.2.2 Permite o perfeito posicionamento do aparelho, além de diversas outras opções.

Fig 2.10 - Colete com lastro integrado

2.5.2.2.3 Este colete permite que o mergulhador carregue uma carga adicional ao FROGS. Pode ser ajustado de acordo com a missão e o equipamento a ser transportado.

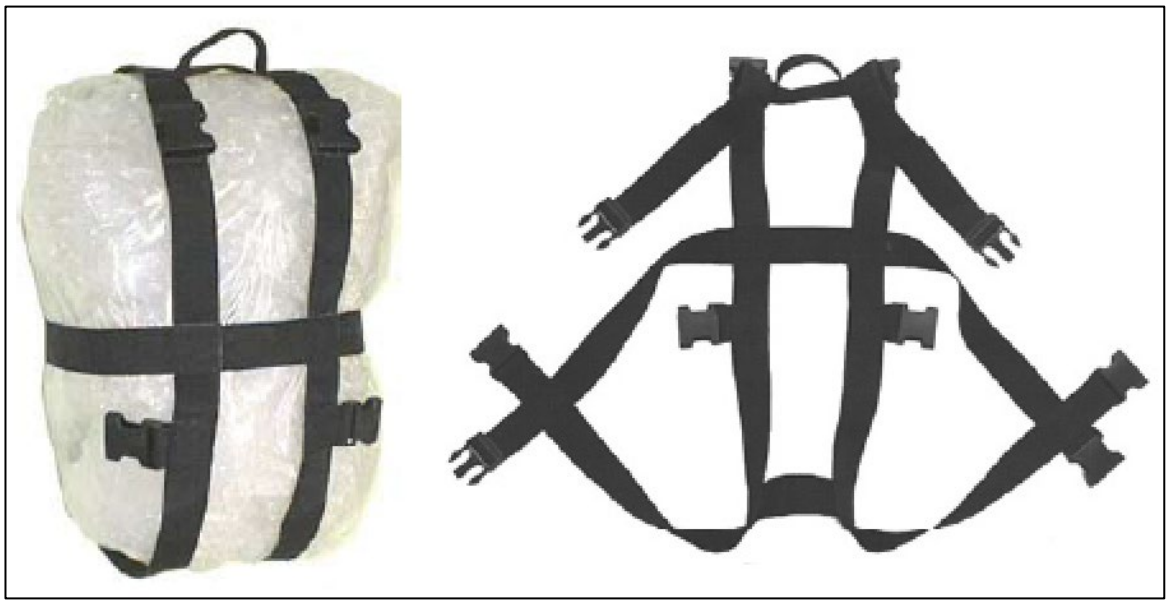


Fig 2.10 – Carga adicional

2.5.2.3 Bolsa de transporte impermeável

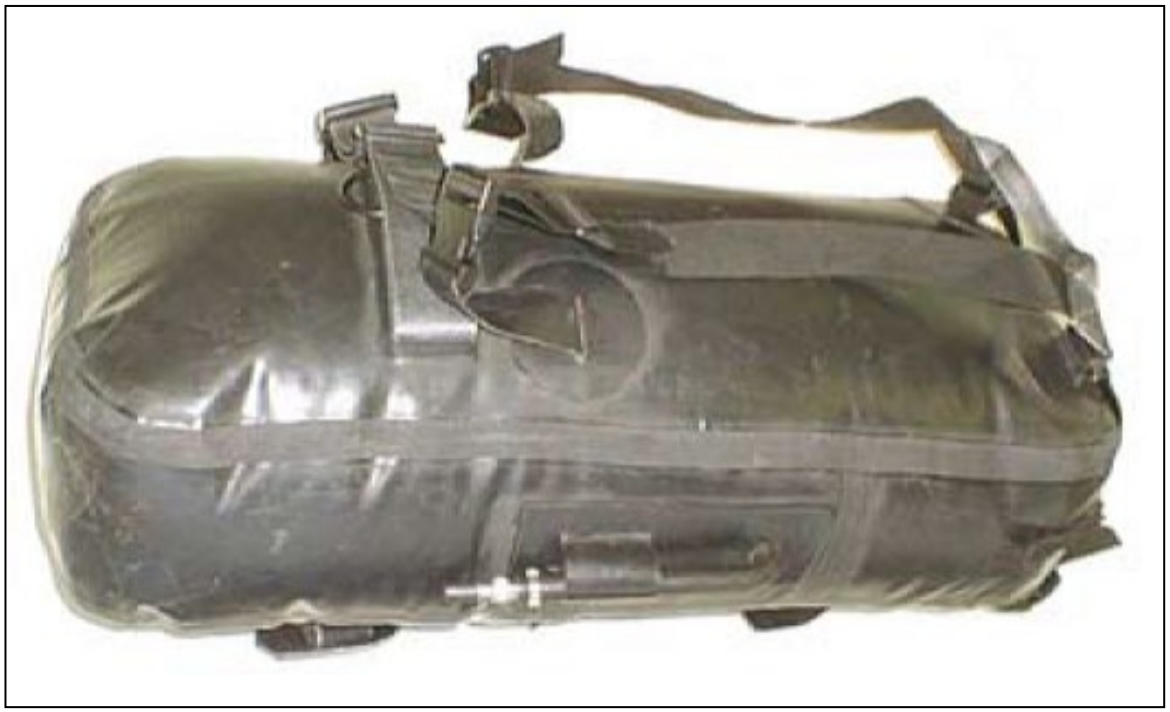


Fig 2.11 - Bolsa de transporte IMPERMEÁVEL

2.5.2.3.1 Bolsa impermeável feita de Hypalon tem uma capacidade máxima de 40 litros.

2.5.2.3.2 É equipada com um sistema de peso modular e um dispositivo de despressurização.

2.5.2.3.3 Esta bolsa possui:

a) alças traseiras,
b) alça de perna,
c) cinto e
d) alça de transporte.
e) Dimensões: 80x35x35 cm.

2.5.2.4 Bolsa de transporte do FROGS

2.5.2.4.1 A bolsa protege o equipamento de impactos durante o manuseio em terra, antes do mergulho.

2.5.2.4.2 Permite que o aparelho seja facilmente transportado nas costas de um homem, com ou sem o colete do FROGS.

Fig 2.12 - Bolsa de transporte do FROGS

2.5.2.5 Colete de salvamento

2.5.2.5.1 Modelo regulamentado na Marinha Francesa para uso com equipamento na posição frontal.

2.5.2.5.2 Este colete salva-vidas permite que um mergulhador em dificuldade seja trazido rapidamente à superfície sem nenhum esforço.

2.5.2.5.3 É, instantaneamente, inflável na superfície ou debaixo d'água pela abertura de seu cilindro de ar comprimido.

2.5.2.5.4 O colete também pode ser inflado pela boca através de um inflador.

2.5.2.5.5 O cilindro pode ser recarregado a partir de um cilindro de mergulho de ar comprimido com adaptador de enchimento.

Fig 2.13 - Colete de salvamento

2.5.2.5.6 Este colete apresenta:

a) um saco interior e um exterior,
b) volume da bolsa: 10 L e
c) volume do cilindro: 0,43 L.

2.5.2.6 Linha de canga

2.5.2.6.1 Este cabo serve para manter o contato entre dois mergulhadores e permitir que eles se ajudem em caso de emergência.

2.5.2.6.2 Consiste em um cordão de *nylon* preto de 2 metros de comprimento, com uma alça de pulso ajustável presa a um anel em cada extremidade.

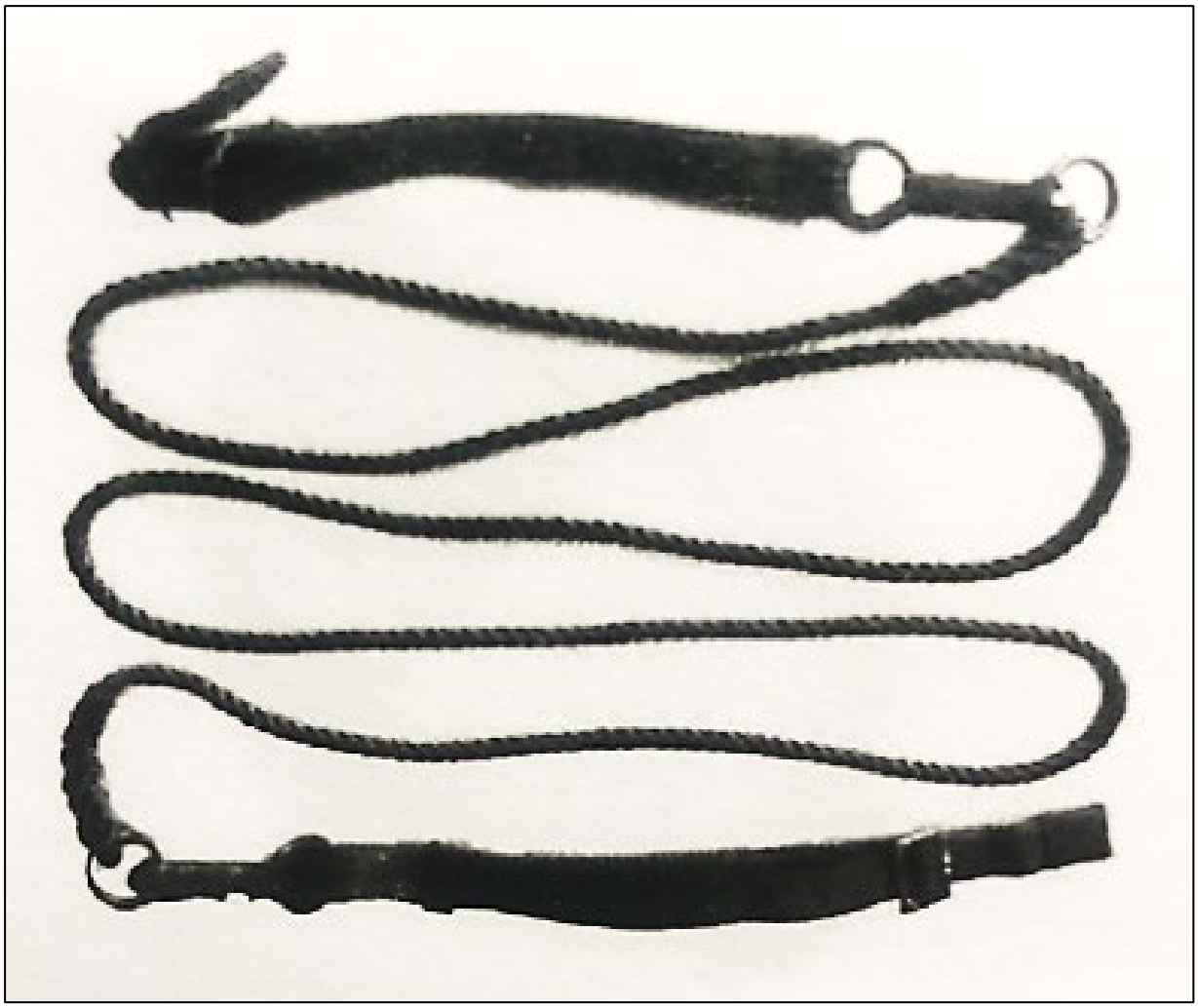


Fig 2.14 - Linha de canga

2.6 PREPARAÇÃO DO EQUIPAMENTO PARA O MERGULHO

– Antes de se utilizar o equipamento, é necessário realizar as seguintes verificações:

2.6.1 PREPARAÇÃO DO CANISTER (CAL SODADA) E CONTROLE DO TEMPO

a) Remova o saco respiratório, o colar, o anel coletor de água, a arruela de pressão e o canister.
b) Abra o canister.
c) Verifique se não há vestígios de cal sodada usada no interior do cesto ou no corpo do FROGS, bem como a sua limpeza geral.
d) Peneire a cal sodada com a peneira especial.
e) Encha o canister, inicialmente, até o defletor.
f) Acomode bem e pressione a cal em direção às paredes sob o defletor.
g) Para a segunda fase, encha o canister até a borda.
h) Realize pequenas vibrações no cesto para assentar a cal sodada ainda mais.
i) Complete com cal sodada os espaços vazios.
j) Fixe a grade superior na posição.
k) Segurando a grade firmemente no lugar, agite o conjunto para garantir que o canister

esteja bem fechado.
l) Não deve haver som de grânulos em movimento. Se houver, complete com cal sodada e repita a última etapa.
m) Atarraxar a rosca do cesto verificando se a grade está posicionada corretamente.
n) Limpe o anel de vedação e lubrifique-o com graxa compatível com oxigênio.
o) Limpe a ranhura do *o-ring* no corpo do FROGS para garantir uma boa vedação entre o canister e o equipamento.
p) Posicione o canister no corpo do equipamento alinhando as marcas amarelas de posicionamento.
q) Pressione verticalmente o cesto para que fique bem posicionado.
r) Encaixe a arruela de pressão em seu alojamento. A abertura da arruela de pressão deve estar alinhada com a saída da traqueia de inalação.
s) Encaixe o anel coletor de água no corpo do equipamento.
t) Coloque o saco respiratório horizontalmente sobre uma mesa.
u) Posicione o colar no saco respiratório.
v) Monte o saco no corpo do FROGS, com a seta voltada para o topo do equipamento.

Fig 2.15 - Seta indicativa do saco respiratório

w) Prenda-o colocando a alavanca do colar na parte inferior esquerda do equipamento.

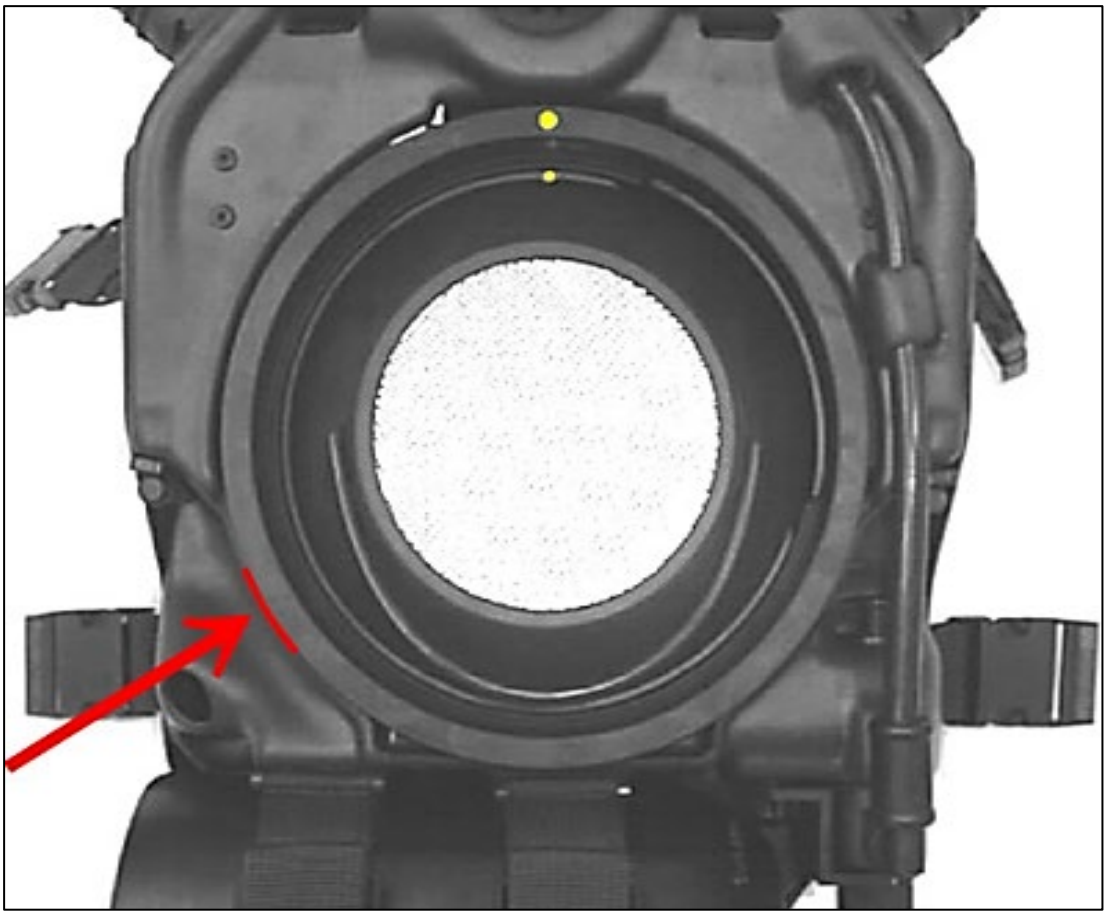


Fig. 2.16 - Posicionamento da alavanca do colar

x) Verifique se a pressão no cilindro está na pressão de trabalho de 200 bar e se o gás que ele contém é 100% oxigênio.
y) Encaixe o cilindro no regulador HP/MP.
z) Prenda-o ao equipamento.
aa) Encaixe o conjunto de traqueias nos conectores de inalação e exalação. As extremidades do conector impedem a possibilidade de encaixe deles do jeito errado.
bb) Verifique se as válvulas de inalação e exalação estão presentes e em boa condição.
cc) Limpe as superfícies de vedação das válvulas.
dd) Para remover a válvula de exalação, extraia o porta-válvula com os dedos.
ee) Conecte a torneira do bocal às duas traqueias.

2.6.2 TESTE DE CONEXÃO DAS VÁLVULAS

– Para garantir o bom funcionamento das válvulas de inspiração e expiração:

a) Coloque o bocal na boca na posição de mergulho (ponto vermelho visível).
b) Aperte a mangueira de inalação.
   – Deve ser possível expirar no aparelho.
c) Inspire no aparelho.
   – Se a válvula de exalação permitir a inalação, remova-a e recoloque-a corretamente.
d) Aperte a mangueira de exaustão.
   – Deve ser possível inalar do aparelho.

e) Expire no aparelho.

– Se a válvula de inalação permitir a exalação, remova a válvula e recoloque-a corretamente.

2.6.3 TESTE DE PRESSÃO NEGATIVA

a) Com a válvula do cilindro fechada, respire pelo equipamento até que o saco respiratório esteja completamente vazio.
b) Em seguida, coloque a válvula do bocal na posição *snorkel* (ponto vermelho oculto).
c) Verifique se não há entrada de ar para a bolsa de respiração (o saco permanece vazio e achatado).
d) Aguarde cerca de 1 minuto.

2.6.4 TESTE DE ALIMENTAÇÃO DO CONJUNTO DE BAIXA PRESSÃO

a) Aperte totalmente o volante de ajuste LP.
b) Abra o cilindro e verifique a pressão com o manômetro.
c) Verifique se o *by-pass* está funcionando corretamente pressionando o seu botão.
d) Verifique se o regulador de 2º estágio está funcionando corretamente ajustando o volante no conjunto LP.

2.6.5 TESTE DE ESTANQUEIDADE

a) Abra o cilindro e aperte totalmente o volante de ajuste LP.
b) Abra a válvula do bocal e sopre no equipamento para inflar o saco respiratório até cerca de 10 cm de profundidade.
c) Coloque a válvula do bocal na posição de superfície (ponto vermelho do bocal invisível) e mergulhe o FROGS em cerca de 20 cm de água.
d) Verifique a estanqueidade do equipamento, ou seja, a não ocorrência de bolhas.
e) Feche o cilindro e purgue o equipamento.

2.6.6 NOTAS:

– Deixe o equipamento preparado para o mergulho com o saco respiratório colabado e a válvula do bocal na posição de superfície (ponto vermelho do bocal invisível), até que o mergulhador vista o FROGS para o mergulho.
– Tal medida tem o objetivo de preservar a qualidade da cal sodada.

2.7 EQUIPAGEM

2.7.1 OBSERVAÇÕES INICIAIS

a) Colocar e ajustar o colete.
b) Em seguida, colocar o cinto de lastro (dependendo do colete).
c) Colocar o FROGS sobre o peito e posicioná-lo por meio das correias do colete.
d) Coloque o bocal na boca, encaixe a alça do pescoço e ajuste-a.
e) Coloque a válvula do bocal na posição de superfície (ponto vermelho escondido) e respire coloque a máscara e verifique se está selada.
f) Inicie o procedimento de lavagem.

2.7.2 PROCEDIMENTO DE LAVAGEM

2.7.2.1 Esta operação deve ser realizada antes de cada mergulho com oxigênio.

2.7.2.1.1 O objetivo é eliminar do equipamento e reduzir dos pulmões do mergulhador os gases que não sejam o oxigênio, principalmente o nitrogênio.

2.7.2.1.2 Esta operação é essencial para que se evite a hipóxia.

2.7.2.2 Procedimentos após o mergulhador se equipar e realizar sua inspeção:

a) Verifique se o cilindro está fechado e se o bocal está na posição de superfície (ponto vermelho invisível).
b) Expire completamente pela boca para esvaziar os pulmões.
c) Coloque o bocal na posição de mergulho (ponto vermelho visível).
d) Inspire do equipamento para esvaziar completamente a bolsa respiratória.
e) Coloque o bocal na posição de superfície (ponto vermelho invisível) e expire pela boca para esvaziar os pulmões.
   – Este primeiro ciclo visa eliminar todo o ar respirável do circuito respiratório do aparelho.
f) Na sequência, abra a válvula do cilindro e faça o mesmo procedimento duas vezes com o cilindro aberto.
   – O procedimento deve ser realizado exatamente como descrito.
   – Se for permitido que um volume residual de nitrogênio permaneça no aparelho, isso impedirá a abertura da válvula de entrada de oxigênio e, após alguns minutos de operação, o nível de oxigênio atingirá o limite de hipóxia.
g) Respire do aparelho na superfície por dois minutos antes de mergulhar e depois complete mais um ciclo de lavagem antes de entrar na água, ou seja, uma expiração completa fora do equipamento.

2.8 RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA PARA O USO

2.8.1 RECOMENDAÇÕES INICIAIS

2.8.1.1 Realize o mergulho observando rigorosamente o **LIMITE MÁXIMO DE PROFUNDIDADE DE 6 METROS** (conforme regulamentos).

– Este limite de profundidade corresponde à máxima pressão parcial de oxigênio que não deve ser excedida para evitar o risco de hiperóxia (toxicidade do oxigênio).

2.8.1.2 **NUNCA** retire o bocal da boca na superfície sem antes colocá-lo na posição do *snorkel* (**ponto vermelho escondido**) para evitar a entrada de água no aparelho.

2.8.2 FIM DE USO

– No final de um período de utilização, feche a válvula do bocal (posição superfície), feche a válvula do cilindro e remova o equipamento.

2.9 MANUTENÇÃO PÓS-USO

– Passos para a manutenção do equipamento após o uso.

a) Enxágue bem o aparelho em água doce sem abrir a torneira do bocal.
b) Feche o cilindro, purgue o circuito HP, acionando o by-pass.
c) Remova o cilindro, retire quaisquer vestígios de umidade do plugue HP/MP usando o oxigênio no cilindro e encaixe o plugue no lugar na conexão do regulador.
d) Desaperte completamente o volante LP antes de guardar.
e) Solte a alavanca do colar e remova o saco respiratório e seu colar.
f) Remova o coletor de água circular.
g) Remova a arruela de pressão comprimindo suas extremidades e levantando-a verticalmente.
h) Agarre na alça flexível do canister e puxe na vertical para o retirar.
i) Desaparafuse a rosca do cesto e remova a grade superior.
j) Esvazie a cal sodada após cada mergulho e enxágue canister. (SFC)
k) Desatarraxe as traqueias do equipamento.
l) Despeje a água pelo lado da inalação para enxaguar a traqueia e o bocal.
m) Esvazie os coletores de água no corpo do equipamento e enxágue o interior do dele com água limpa.
n) Seque as diferentes peças do FROGS em local bem ventilado e à sombra.
o) Depois de secos, as diferentes peças do FROGS podem ser remontadas após uma leve lubrificação os anéis de vedação adotando a seguinte precaução:

– **todas as vedações em contato com oxigênio devem ser lubrificadas usando somente graxa compatível com oxigênio.**

2.10 MANUTENÇÃO PRÉ-ARMAZENAMENTO

2.10.1 OBSERVAÇÕES INICIAIS

– Realizar a desmontagem completa em 1° escalão e lavar todas as peças com água doce.
– Realizar a desmontagem completa em 2° escalão: essa desmontagem engloba o 1° estágio e o 2° estágio.

2.10.2 MANUTENÇÃO DO 1° ESTÁGIO

a) Normalmente a mola de metal 480925 acumula zinabre.

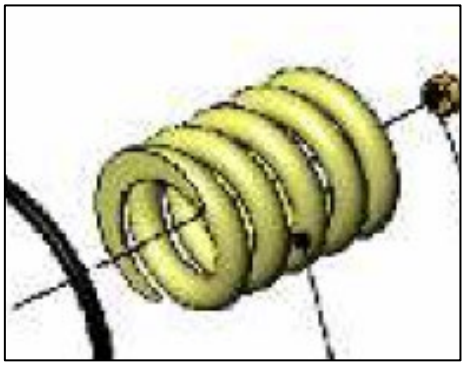


Fig 2.17 – Mola de metal 480925

b) Para removê-la, colocar no ultrassom com vinagre ou deixar de molho por 20 minutos na solução desinfetante de alto nível STERANIOS 2% (recomendado pela *Aqua Lung*) e, na sequência, escovar com escova de fio de aço ou metal.

Fig 2.17 – Desinfetante STERANIOS 2%

Fig 2.18 – Escova de fio de aço

c) Após a desmontagem completa, lavar todas as peças duas vezes com água doce e secar completamente.
d) Verificar todos os *o-rings*, se for o caso, realizar a substituição, conforme manual, utilizar apenas *o-rings* da fabricante *Aqua Lung*.
e) Após a verificação dos *o-rings*, passar uma leve camada de lubrificante para O_2 (*Christo Lube*), colocar todos os o-rings em suas posições e iniciar a montagem do 1° estágio.
f) Com a montagem finalizada, realizar o teste de pressão de saída da MP (média pressão): utilizando o kit teste (0 – 16 Bar.

Fig 2.19 – Kit teste (0 – 16 Bar)

Fig 2.20 – Teste do 1º estágio

g) Verificar a pressão de saída do 1° estágio:

– MP (média pressão) que deverá ser de 9,2 Bar, aceitando-se + ou - 1 Bar (limite entre 8,2 Bar a 10,2 Bar).

– Nesse teste deverá ser utilizado cilindro de O_2, com no mínimo 180 Bar e no máximo 200 Bar:

h) Com o equipamento de teste 0 – 16 Bar ainda instalado verificar o funcionamento do *By-Pass*:

– A pressão tem que se manter estável quando o botão for liberado.

i) Após essa verificação, manter o 1° estágio fora do FROGS, pois será utilizado na regulagem do 2° estágio.

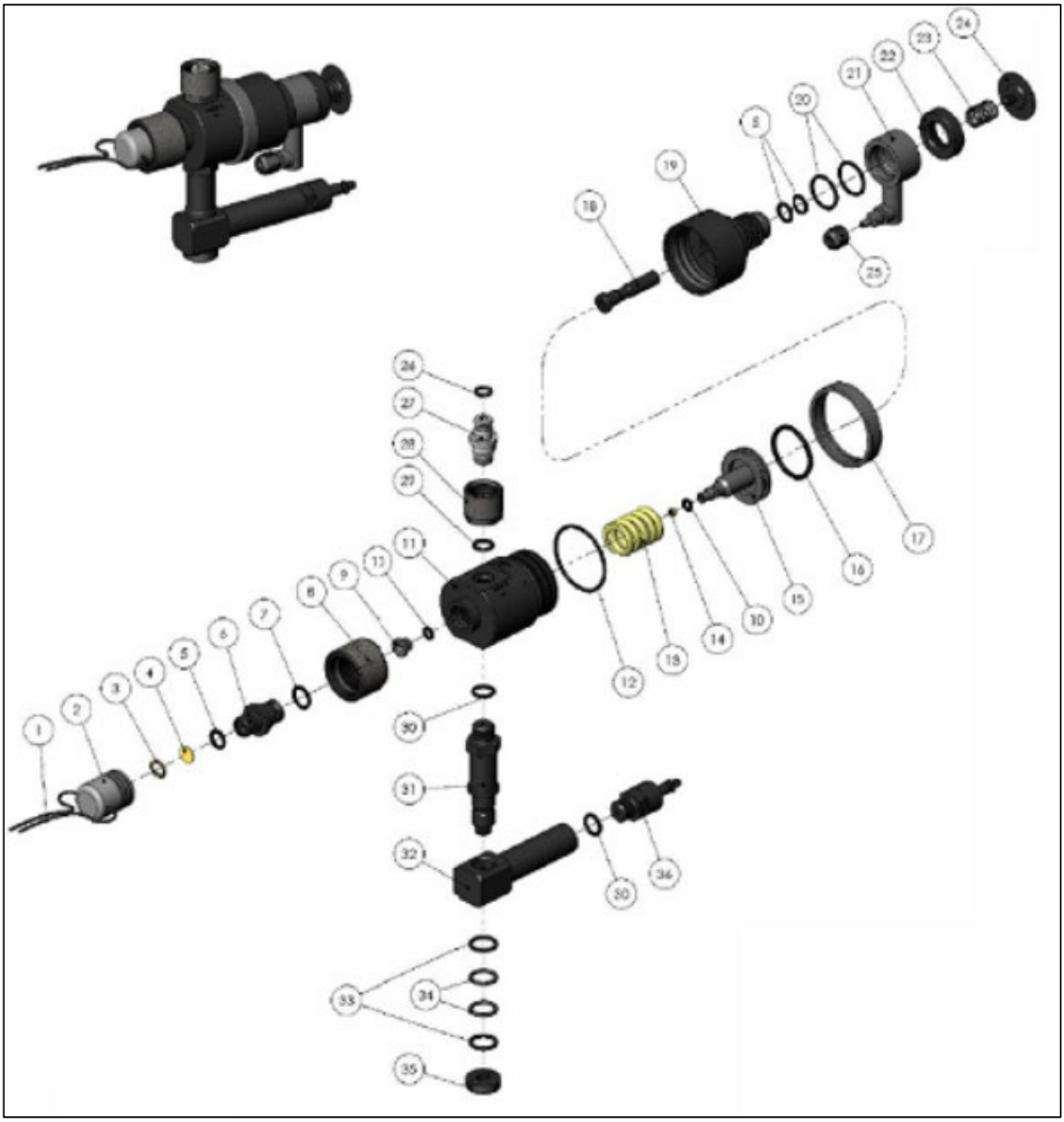


Fig 2.21 – Visão detalhada do 1º estágio

Obs: legenda no manual do fabricante.

2.10.3 MANUTENÇÃO DO 2° ESTÁGIO

a) Desmontar conforme orientação em manual.
b) Lavar todas as peças duas vezes com água doce.
c) Após secar tudo, passar *Christo Lube* nos o-rings e borrachas,
d) Realizar a montagem do volante e ajustar o fluxo de O2.
e) Aparafuse a ferramenta 495118 até obter vedação e adicionar 1/8 de volta.

Fig 2.22 – Ferramenta 495118

f) Realizar a montagem completa do 2° estágio.

Fig 2.22 – Colocação da ferramenta 495118

g) Colocar o 1° e 2° estágio no seu devido lugar e estará finalizada a manutenção de 2° escalão.

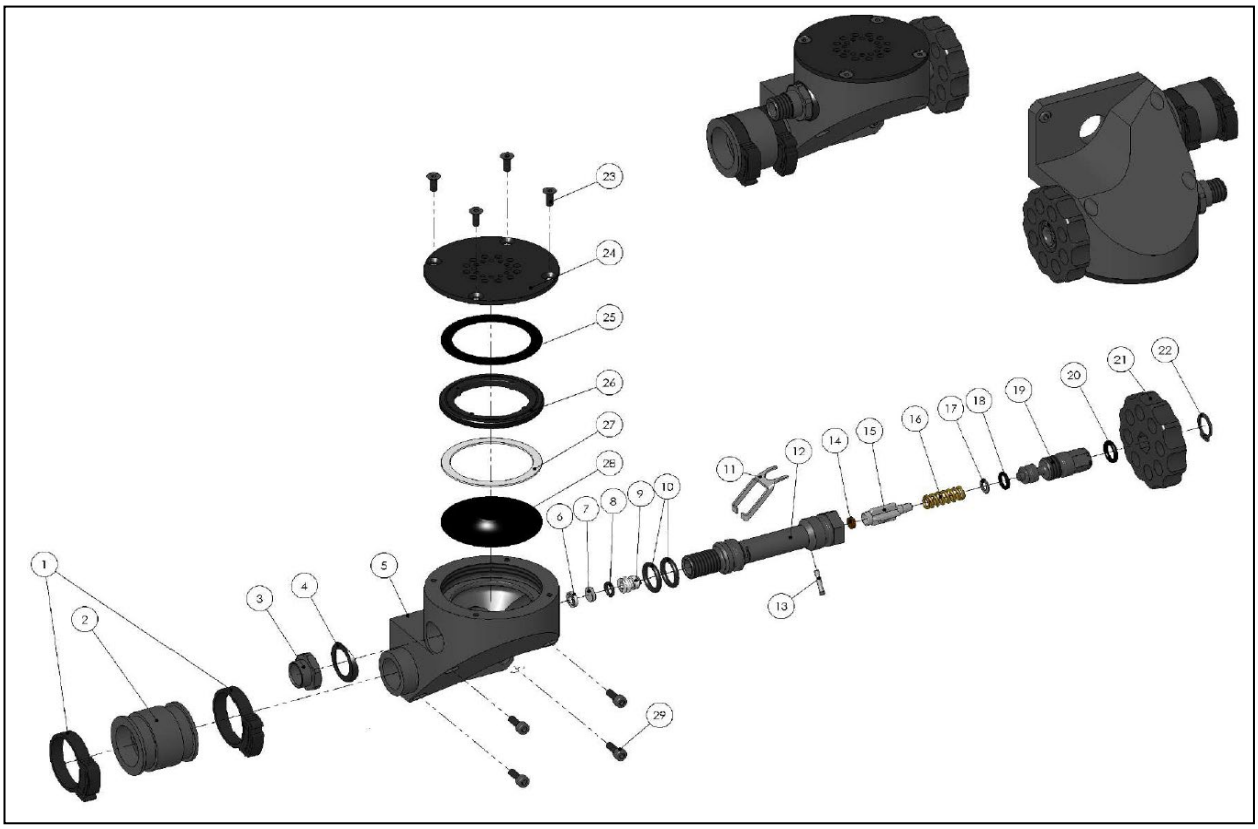


Fig 2.21 – Visão detalhada do 2º estágio

h) Todas as peças, após limpas e lavadas com água doce, podem ser desinfectadas utilizando o STERANIOS 2%.
i) Deixar as peças no produto por 20 minutos e na sequência lavar com água doce novamente.
j) Após a manutenção de 2° escalão, realizar o ajuste do volante em PESADO, FLUXO CONTIÍNUO E CONFORTÁVEL para o mergulhador.
k) Na sequência, realizar o teste de pressão negativa.
l) Não é para realizar o teste de estanqueidade a fim de não molhar o equipamento, realizar apenas quando for mergulhar.

2.11 CUIDADOS ADICIONAIS E ARMAZENAMENTO

2.11.1 O FROGS deve ser transportado em seu estojo ou em sua bolsa de transporte.

2.11.2 Qualquer equipamento armazenado por um período superior a 6 meses deve ser completamente verificado antes de ser colocado de volta em uso.

2.11.3 O equipamento não deve ser submetido a temperaturas inferiores a -20°C e superiores a +70°C.

2.11.4 O equipamento deve ser guardado em ambiente refrigerado por ar-condicionado

entre 18°C a 22C° para manter o controle de umidade.

2.11.5 Caso o FROGS seja transportado na *case* rígida, o casco deverá ficar para baixo.

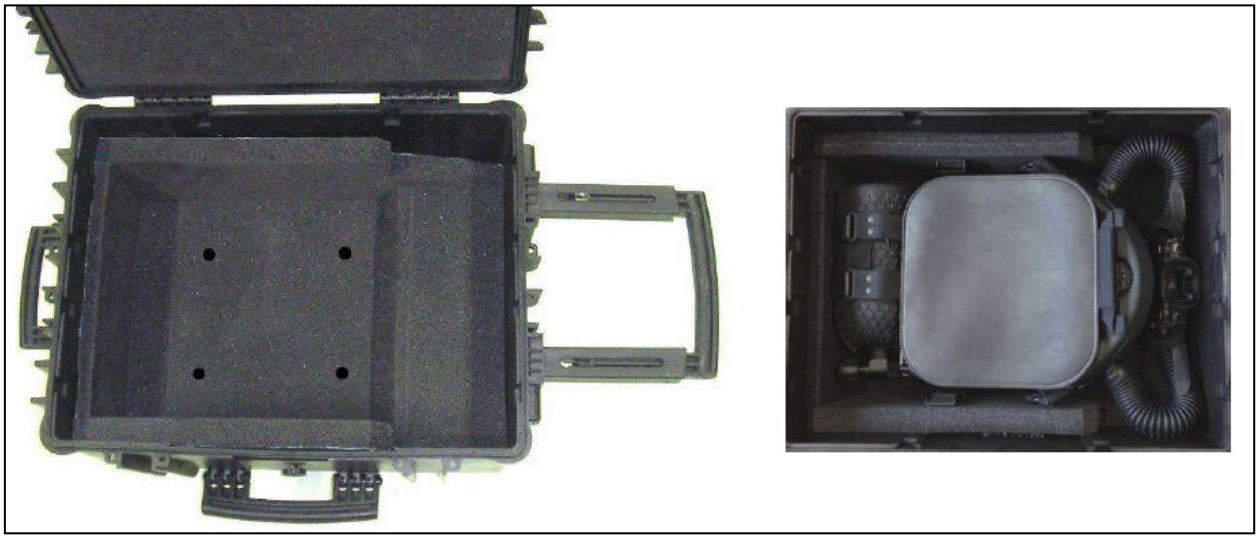


Fig 2.21 – Case rígida

2.11.6 Armazene o equipamento com o colar aberto, o volante de ajuste completamente desaparafusado e o bocal na posição *snorkel* (ponto vermelho escondido), em local bem ventilado e com sombra.

2.11.7 Se for transportar de avião, coloque o bocal na posição de mergulho (ponto vermelho visível).

2.12 PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO ANUAL PREVENTIVA

2.12.1 COLETE DE SEGURANÇA

a) Lavar o colete externamente com água doce (água corrente).
b) Lavar o colete internamente com água doce:
   - colocar aproximadamente 10L de água dentro,
   - inflar o colete e
   - esvaziar pelas purgas da retaguarda,
   - repetir o processo novamente.
c) Após a lavagem interna:
   - remover a traqueia e conector do cilindro do colete de segurança e
   - colocar o colete de molho em água com emulsão de silicone por um dia.
d) No dia seguinte:
   - colocar a traqueia e conector do cilindro,
   - inflar o colete totalmente,
   - esvaziar pelas purgas da retaguarda para retirar totalmente o excesso de água com emulsão de silicone e
   - colocar o colete para secar.

2.12.2 BOLSA ESTANQUE

a) Lavar e escovar o zíper da bolsa com vinagre puro para remover areia e zinabre.
b) Deixar a bolsa de molho em água com emulsão de silicone por um dia
c) No dia seguinte, passar manteiga de cacau ou parafina no zíper,
d) Colocar para secar e guardar com zíper aberto.

2.12.3 TRAQUEIA DO COLETE DE SEGURANÇA

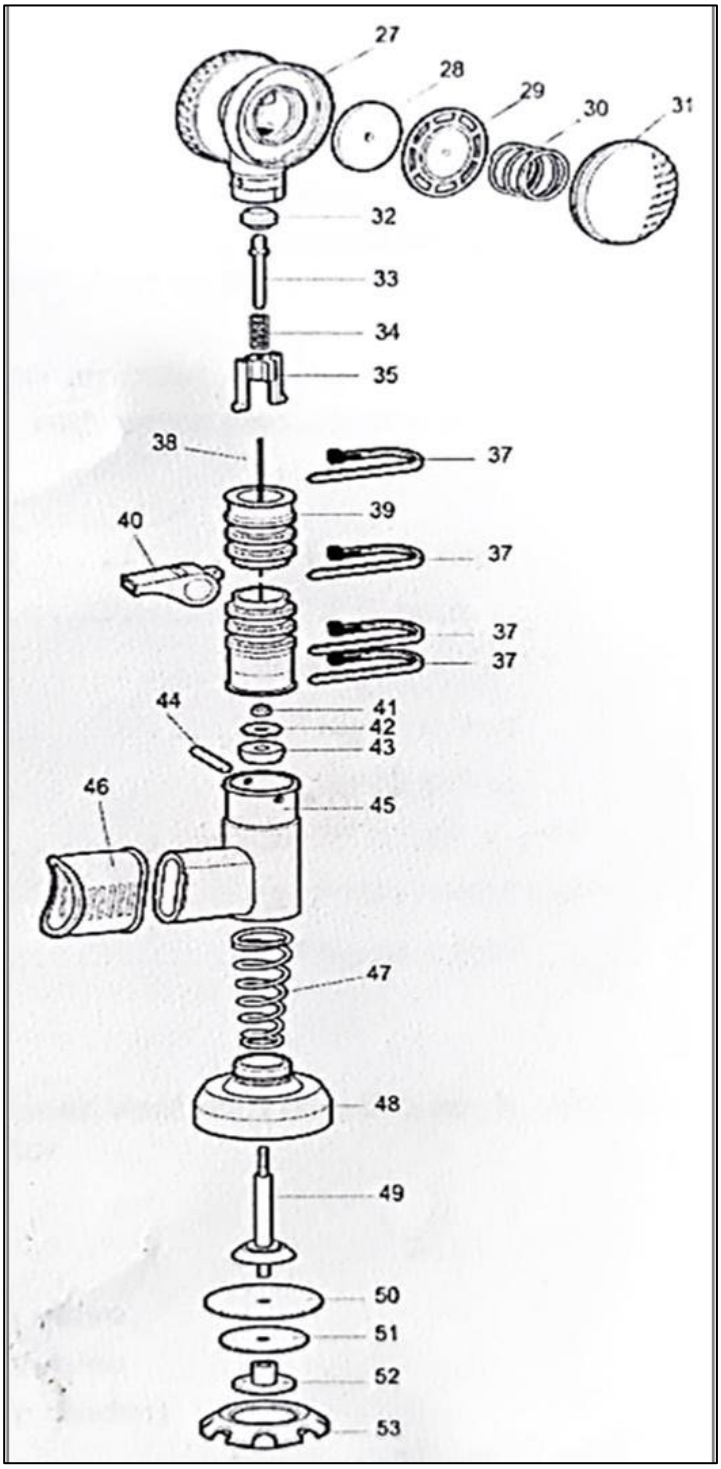


Fig 2.22 – Visão detalhada da traqueia do colete de segurança

a) Realizar a desmontagem completa,
b) Lavar em água doce,
c) Remover zinabre no ultrassom ou colocar de molho no vinagre puro e remover o excesso com uma escova.
d) Colocar a mangueira ondulada de molho em água com emulsão de silicone durante um dia.
e) Colocar *Christo Lube* nos o-rings e borrachas de vedação (não é pra colocar na mangueira ondulada).
f) Realizar a montagem.

2.12.4 CONECTOR DO CILINDRO DO COLETE DE SEGURANÇA

a) Realizar a desmontagem completa, lavar em água doce, remover zinabre.
b) Colocar *Christo Lube* nos o-rings.
c) Realizar a montagem dessa peça.
d) Após a manutenção dessa peça, juntamente com a traqueia e o colete manutenidos, colocar ambos no colete e armazenar em local refrigerado no acondicionado com temperatura entre 18°C e 22°C para controle da umidade, assim garantir a preservação do material.

Fig 2.23 – Visão detalhada do conector do cilindro do colete de segurança

2.12.5 MANGUEIRA DE HP DO MANÔMETRO

a) Desmontar as conexões da mangueira de HP e lavar com água doce.
   – Os protetores costumam acumular zinabre, passar no ultrassom ou lavar com STERANIOS e retirar o zinabre com escova de aço já citada.
b) Verificar os o-rings e substituir, se for o caso.
c) Colocar *Christo Lube* e realizar a montagem.

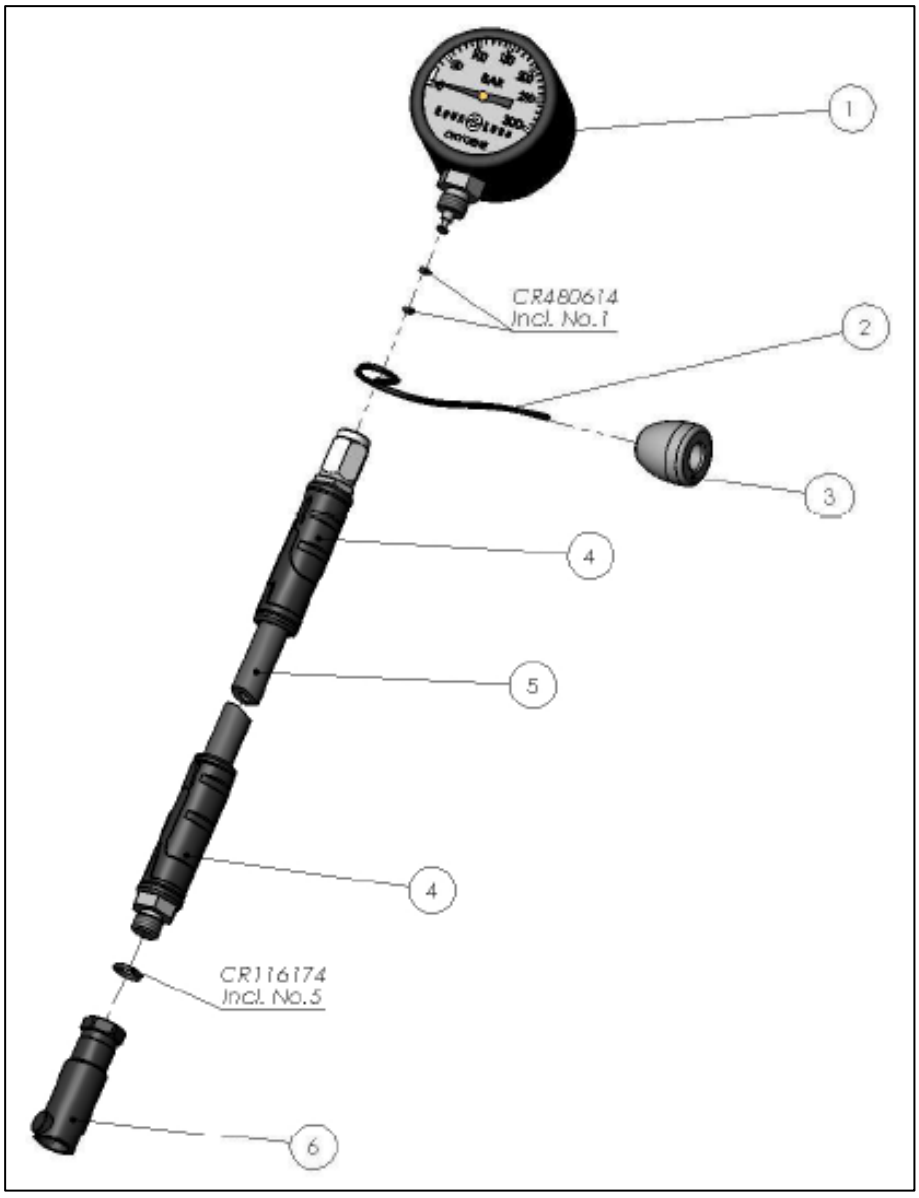


Fig 2.23 – Visão detalhada da mangueira de hp do manômetro

2.12.6 MANGUEIRA MP DO 2° ESTÁGIO

a) Desmontar as conexões da mangueira de MP e lavar com água doce.
b) Verificar os o-rings e substituir, se for o caso.
c) Colocar *Christo Lube* e realizar a montagem.

2.12.7 TRAQUEIAS DO FROGS

a) Desmontar ambas as traqueias totalmente.
b) Lavar com água doce.
c) Secar todas as peças, passar *Christo Lube* e montar.
d) Teste de montagem das traqueias, testar uma por vez antes de conectar no bocal.
e) **Traqueia da direita é a de inspiração (respirar)** – com a válvula (borracha de vedação) voltada para a boca.

Fig 2.24 – Visão detalhada da traqueia de inspiração

- Ao inspirar, o gás deve passar e chegar aos pulmões normalmente e
- Ao expirar o gás não deve sair, pois será vedado pela borracha de não retorno.

Dessa forma, a montagem estará correta.

f) **Traqueia da esquerda é a de expiração (exalar)** – com a válvula (borracha de vedação) voltada para a boca.

- Ao expirar o gás saindo dos pulmões, ele deve passar livremente e,
- Ao inspirar, não deve vir gás, pois a borracha irá impedir a inspiração.
- Dessa forma, a montagem estará correta.

Fig 2.24 – Visão detalhada da traqueia de expiração

2.12.8 BOCAL

a) Realizar a desmontagem completa.
   - As partes de metal costumam acumular zinabre.
   - Nesse caso, passar no ultrassom ou lavar com STERANIOS e
   - Retirar o zinabre com escova de aço já citada.

b) Após lavagem em água doce, passar *Christo Lube* nos O-Rings e
c) Realizar a montagem.

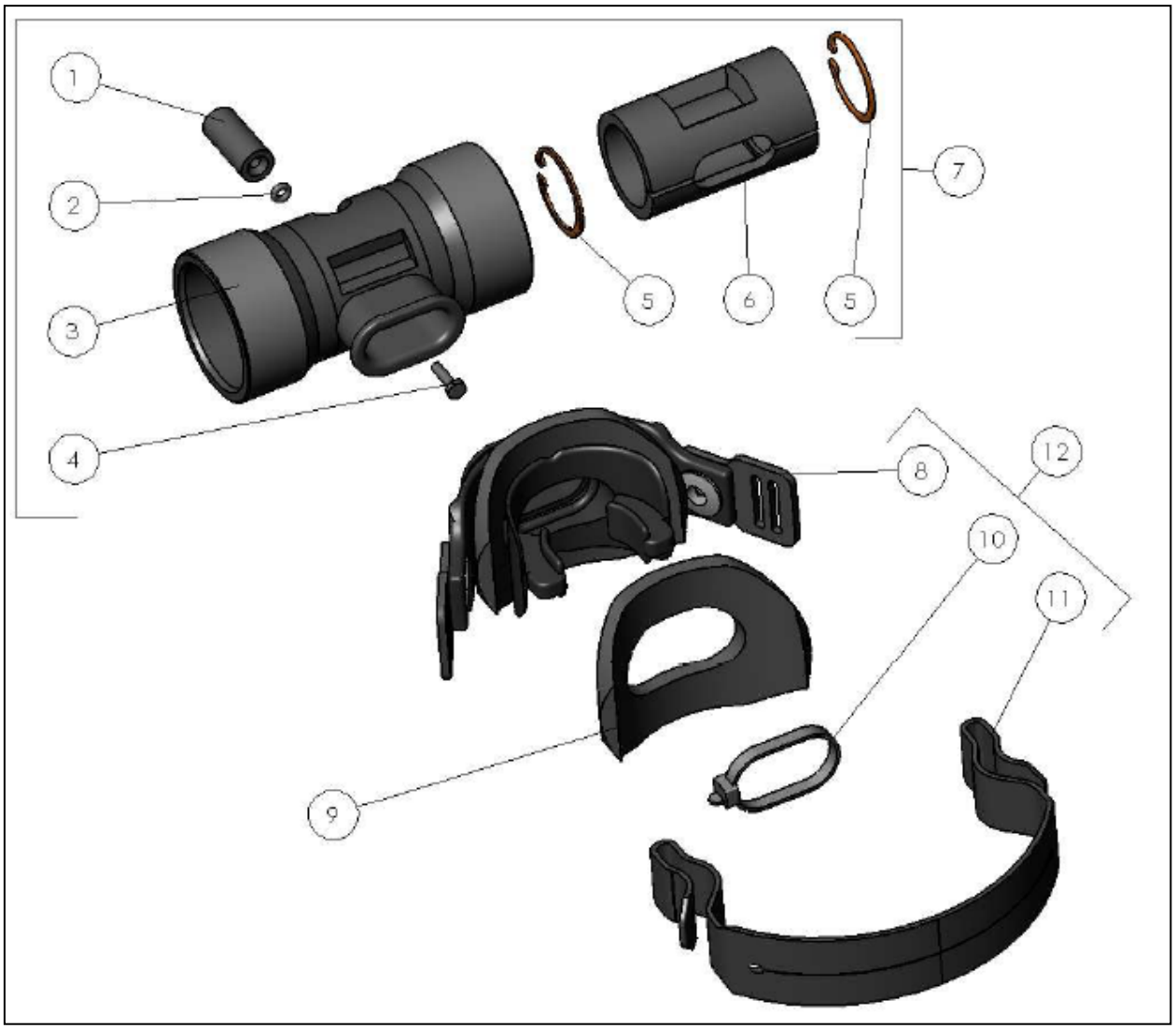


Fig 2.25 – Visão detalhada do bocal

2.12.9 CILINDRO DE O_2

a) Retirar o filtro 495127 e realizar a limpeza no ultrassom. Costuma acumular muito zinabre.

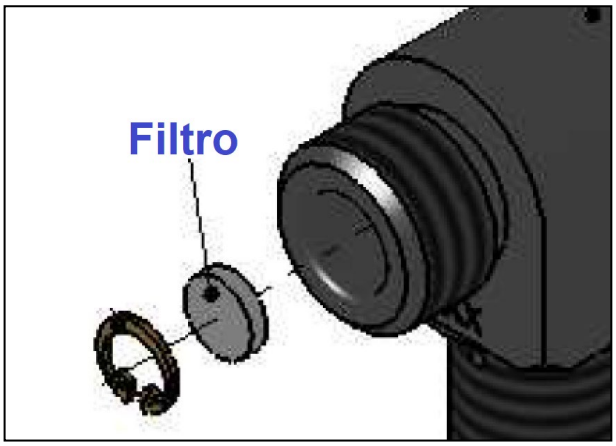


Fig 2.25 – Filtro 495127

b) Substituir o filtro se for o caso (SFC).
c) Realizar a montagem.

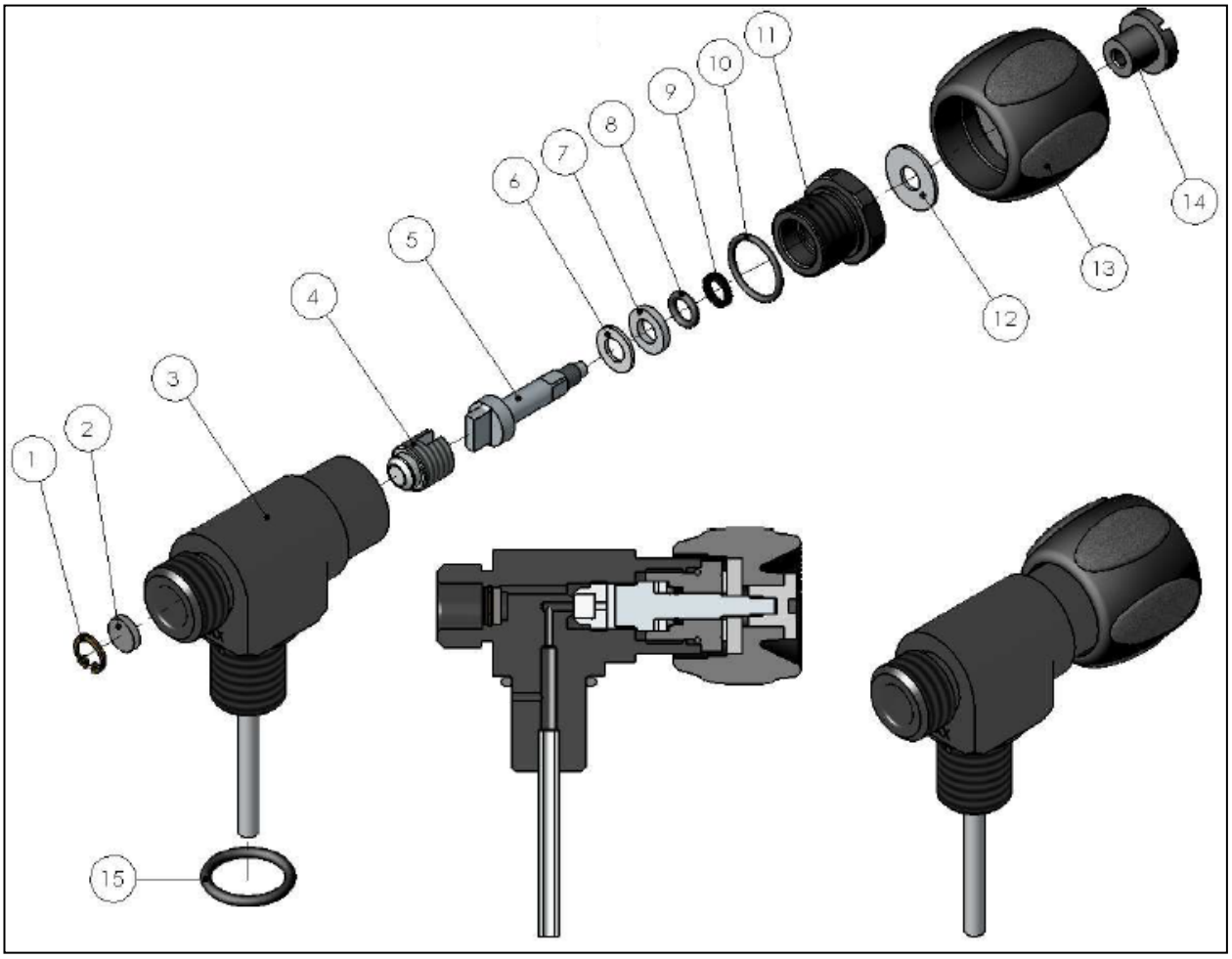


Fig 2.25 – Visão detalhada da torneira do cilindro de O2

2.13 RECOMENDAÇÕES DO FABRICANTE

2.13.1 Conforme prescreve o manual, a manutenção preventiva anual deve ser realizada independentemente do número de mergulhos feitos com o aparelho.

2.13.2 Essa manutenção é realizada pela equipe de Mnt da OM ou pelo próprio mergulhador em caso de uso do mesmo equipamento durante todo o ano.

2.13.3 As peças citadas no manual do fabricante devem ser substituídas por peças novas contidas no kit de manutenção anual.

Não podem EM CASO ALGUM ser reutilizadas,
mesmo que o aparelho tenha sido pouco utilizado desde sua última manutenção.

– REFERÊNCIA: FROGS User Manual Ref. 495006.

2.13.4 REPOSIÇÃO ANUAL DE PEÇAS

2.13.4.1 Tab com os kits de manutenção recomendados pela *Aqua Lung:*

DESCRIÇÃO DOS PACOTES PARA 01 FROGS	QUANTIDADE
APPARATUS PACK	1
INHALATION – EXHALATION CONNECTOR PACK	1
EQUIPPED IN & EX HOSE PACK ref 495065 - 66	1
COMPLETE FROGS DEMAND VALVE PACK ref 495155	1
EQUIPPED VENTRAL HP GAUGE AOP7 PACK ref 495280	1
MP ELBOW PACK ref 495305	1
MN 98 MOUTHPIECE PACK ref 495350	1
O2 REGULATOR PACK ref 495275	1

Tab 2.4 – Pacotes de manutenção anual

2.13.4.2 Tab com o detalhamento dos kits de manutenção recomendados pela Aqua Lung:

APPARATUS PACK		
REF.	**DESCRIÇÃO**	**QUANTIDADE**
495227	OR 2,53x209,14 50ShA	1
495226	OR 5,33x177,17 70ShA	1
INHALATION – EXHALATION CONNECTOR PACK		
REF.	**DESCRIÇÃO**	**QUANTIDADE**
113679	OR 2 x 34 NITRILE 80 ShA	2
111129	OR 1,9x4,2 NITRILE 85ShA	1
495303	*By-pass outlet tube*	1
***EQUIPPED IN* & *EX HOSE PACK* ref 495065 - 66**		
REF.	**DESCRIÇÃO**	**QUANTIDADE**
113679	OR 2 x 34 NITRILE 80 ShA	3
467509	OR 1,78x36,3 NITRILE 70ShA	2
487020	*In-Ex valve transfert*	2

Tab 2.5 – Detalhamento dos pacotes de manutenção anual

COMPLETE FROGS DEMAND VALVE PACK ref 495155		
REF.	**DESCRIÇÃO**	**QUANTIDADE**
116631	OR 1,78x6,07 NITRILE 70ShA	1
442011	OR 2,7x13,6 EPDM 80ShA	2
495106	LP AOP7 *seat*	1
495111	OR 2,4x9,3 NITRILE 70ShA	1
840163	OR 1,9x7,2 NITRILE 70ShA	1
124266	LP XR2 *washer*	1
495132	LP AOP7 *Diaphragm*	1
495102	LP *adjustment capsule*	1
495127	*Filter*	1
495104	AOP7 pin	1
495116	Circlip E13	1
495142	LP hose	1
456289	*SNAPPER* SNP 34 *black collar*	2
MP *ELBOW PACK* ref 495305		
REF.	**DESCRIÇÃO**	**QUANTIDADE**
116631	OR 1,78x6,07 NITRILE 70ShA	1
861362	OR 1,63x7,65 NITRILE 70ShA	1
CO2 *REGULATOR PACK* ref 495275		
REF.	**DESCRIÇÃO**	**QUANTIDADE**
480927	Circlip	1
480921	Filter	1
840163	OR 1,9x7,2 NITRILE 70ShA	2
114281	OR 1,78x9,25 NITRILE 85ShA	1
116121	OR 1,78x3,68 NTIRLE 70ShA	1
480036	OR 1,78x31,47 NITRILE 70ShA	1
480126	HP seat	1
718309	OR 2,4x25 NITRILE 70ShA	1
116631	OR 1,78x6,07 NITRILE 70ShA	1
116881	OR 1,78x7,65 NITRILE 70ShA	1
213558	OR 1.78x15,6 NITRILE 85ShA	2
116174	OR 1,78x8,74 NITRILE 85ShA	2
480906	*Anti-extrusion washer*	2
213714	OR 2x11 EPDM 80ShA	2

Tab 2.5 – Detalhamento dos pacotes de manutenção anual (continuação)

***EQUIPPED VENTRAL* HP *GAUGE* AOP7 *PACK* ref 495280**		
REF.	**DESCRIÇÃO**	**QUANTIDADE**
480614	OR 1.6x1.6 NITRILE 85ShA	2
116174	OR 1,78x8,74 NITRILE 85ShA	1
***EQUIPPED VENTRAL* HP *GAUGE* AOP7 *PACK* ref 495280**		
REF.	**DESCRIÇÃO**	**QUANTIDADE**
480072	OR 1.78 x 2.9	1
113648	Collar	1

Tab 2.5 – Detalhamento dos pacotes de manutenção anual (continuação)

2.13.5 REPOSIÇÃO DE PEÇAS A CADA 5 ANOS

2.13.5.1 Algumas peças têm uma vida útil limitada devido ao seu material de fabricação.

2.13.5.2 A vida útil começa quando o equipamento é colocado em uso.

2.13.5.3 Abaixo segue uma lista de recomendações da *Aqua Lung* sobre essas peças que necessitam ser substituídas a cada 5 anos devido ao tempo limite de sua vida útil:

COMPONENTES	**VIDA ÚTIL**
CORRUGATED HOSES (traqueias)	5 ANOS
BREATHING BAG (saco respiratório)	
MP HOSES (mangueira Média Pressão – 2° estágio)	
HP HOSES (mangueira Alta Pressão – manômetro)	

Tab 2.6 – Peças de reposição quinquenal

2.13.6 PEÇAS DE REPOSIÇÃO QUE DEVEM ACOMPANHAR A AQUISIÇÃO DE NOVOS EQUIPAMENTOS FROGS.

2.13.6.1 A quantidade de peças de reposição recomendadas na aquisição do FROGS correspondem disponibilização de um estoque inicial necessário para permitir manutenção regular do equipamento.

2.13.6.2 Essas quantidades médias são estimadas para a manutenção de 10 equipamentos FROGS:

REF.	**DESCRIÇÃO**	**QNT**	**REF.**	**DESCRIÇÃO**	**QNT**
CR495240	AOP7 Bag	3	CR113679	OR 2 x 34 NITRILE 80 ShA	30
487042	*Retaining ring*	5	CR495175	*Exhalation connector*	1
CR495229	*Water trap* AOP7	3	CR495318	*Exhalation end*	3

Tab 2.7 – Peças de reposição para a manutenção de 10 equipamentos FROGS

CR495228	*Seal basket* AOP7	3	495316	M45 nut	6
CR495226	OR 5,33x177,17 70ShA	10	480091	Collar ø38	10
CR495227	OR 2,53x209,14 50ShA	15	840506	*Screw* C M3 x 12	20
CR495200	*Cartridge* AOP7	1	840503	Nut M3	20
480408	*Screw*	10	CR480710	*Corrugated hose*	5
495138	LP *Cover*	1	480075	Collar ø43	10
495136	*Cover washer*	3	467508	M48 nut	6
124274	*Nut diaphragm* XR2	3	CR495063	*Connector expi* Ø39	3
495133	Washer diaphragm	3	CR467509	OR 1,78x36,3 NITRILE 70ShA	20
CR495132	*Diaphragm* LP AOP7	5	CR487020	*Inhale-Exhale valve*	20
CR840163	OR 1,9x7,2 NITRILE 70ShA	3	CR487021	*Valve holder*	3
CR124266	*Washer* LPXR2	3	CR495350	*Mouthpiece* 98 NM	3
CR495110	*Spring* LP AOP7	3	CR495064	*Inhale connector*	3
CR495108	*Valve holder*	5	CR495317	Inhalation end	3
CR495106	Valve LP AOP7	10	CR495283	*Non magnetic* O2 HP *gauge*	2
CR495125	*Insert* LPAOP7	2	840129	Fil noir Ø1,5 (code by metre)	10
CR495120	*Lever* LPAOP7	3	495288	*Gauge extractor*	3
CR116631	OR 1,78x6,07 NITRILE 70ShA	20	CR495281	Front AOP7 O2 HP hose	5
CR495103	*Seat valve*	5	CR116174	OR 1,78x8,74 NITRILE 85ShA	20
495116	*Circlip* E13	3	CR495277	HP AOP7 *female quick* connector	1
495114	*Knob* LPAOP7	1	CR495276	HP AOP7 *male quick* connector	1
CR495112	Axis LP AOP7	1	495289	Protector	5
CR495111	OR 2,4x9,3 NITRILE 70ShA	5	CR495310	9/16 AOP7 *hose*	5
CR495104	AOP7 LP pin	5	CR495293	AOP7 MP *bend*	1
CR495127	*Filter*	10	495351	*Complete handle* AOP7	1
CR495102	LP *adjustment capsule*	5	495359	*Cover screw* AOP7	10
CR442011	OR 2,7x13,6 EPDM 80ShA	6	495352	*Long connecting buckle*	5
495148	Screw CHC M4-12	50	495348	Spacer	5
CR495145	LP *case*	1	464059	*Short strap stopping*	5

Tab 2.7 – Peças de reposição para a manutenção de 10 equipamentos FROGS (continuação)

495124	*Wedge insert* LPAOP7	3	466744	*Connecting bucckle*	5
495128	Nut insert LP	1	495356	AOP7 cylinder strap	1
CR861362	OR 1,63x7,65 NITRILE 70ShA	3	466100	*Complete elastic strap*	4
456289	*SNAPPER* SNP 34 *black* collar	10	436503	*Strap buckle*	10
CR495142	*Hose* LP	3	434786	*Elastic strap*	5
CR495303	*BY PASS outlet Tube*	5	495207	*Screw* M4	10
495168	*Nut hose BY PASS*	3	456298	*Rivet nylon* 6-6 noir	10
495166	BY PASS injection connector	5	495342	Regulator support leg	3
CR111129	OR 1,9x4,2 NITRILE 85ShA	5	CR480614	OR 1.6x1.6 NITRILE 85ShA	10
CR495165	*Inhalation connector with insert*	1	CR116881	OR 1,78x7,65 NITRILE 70ShA	30

Tab 2.7 – Peças de reposição para a manutenção de 10 equipamentos FROGS (continuação)

CAPÍTULO III

ASPECTOS MÉDICOS DO MERGULHO COM OXIGÊNIO EM CIRCUITO FECHADO

3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

3.1.1 Os mergulhadores que realizam operações respirando o oxigênio puro em circuito fechado estão sujeitos a mais problemas médicos do que os mergulhadores que utilizam ar comprimido.

3.1.2 No Manual Técnico de Atividades Especiais de Mergulho (EB70-MT-11.440) existe uma explicação abrangente sobre os aspectos médicos envolvidos nas atividades de mergulho.

3.1.3 No presente capítulo serão abordados os aspectos médicos específicos para os mergulhadores que operam com equipamentos de circuito fechado usando oxigênio.

3.2 TOXIDADE DO OXIGÊNIO

3.2.1 Os valores suportáveis da pressão parcial de oxigênio (PPO_2) de uma mistura respirável, durante um mergulho estão incluídos entre os limites de 0,17 atmosferas e 1,7 atmosferas, sendo estabelecido o limite em 1,6 atmosferas para fins de segurança.

3.2.2 Tais limites deverão ser respeitados para que se evite o aparecimento de distúrbios imediatos ou tardios.

Pressão parcial do oxigênio (ATA)	Toxidade
Menos de 0,17	Hipóxia
Entre 0,17 e 0,4	Normóxia
Entre 0,4 e 1,7	Efeito *Lorrain-Smith*
Mais de 1,7	Efeito *Paul Bert* ou Hiperóxia

Tab 3.1 – Toxidade segundo as pressões parciais do O2

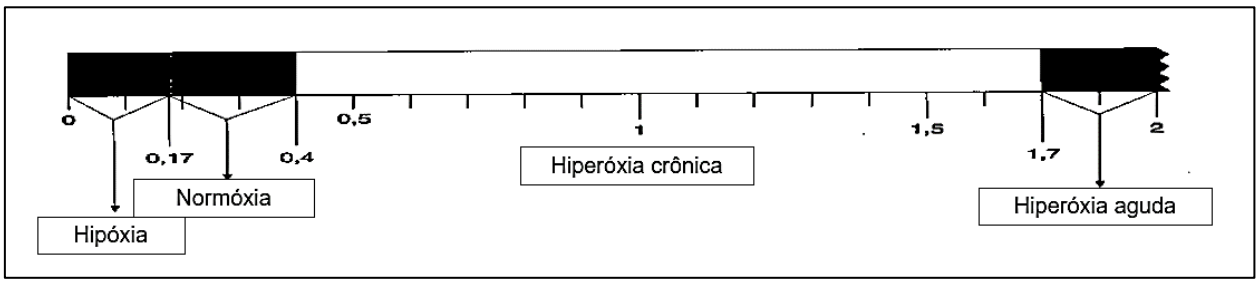


Fig 3.1 – Pressão parcial do oxigênio respirado

3.3 HIPERÓXIA

3.3.1 EFEITO *PAUL BERT*

3.3.1.1 Respirar oxigênio em altas pressões parciais pode gerar efeitos tóxicos ao corpo, conhecidos por hiperóxia. Exposições relativamente breves a altas pressões parciais, como as que ocorrem na água ao mergulhar ou em câmara pressurizada, também podem produzir a hiperóxia.

3.3.1.2 Tais alterações também são conhecidas como intoxicação pelo O_2, neurotoxicidade, síndrome do nervo central (SNC) ou efeito Paul Bert.

3.3.1.3 No mergulho com o equipamento de circuito fechado, os distúrbios mais graves são os produzidos por este tipo de toxicidade. O maior risco consiste na possibilidade de ocorrer uma convulsão repentina que pode levar o mergulhador ao afogamento ou a uma embolia traumática pelo gás (ETG).

3.3.1.4 Outro risco também associado à hiperóxia é o seu efeito retardado, que pode ocorrer por vários minutos, mesmo depois de deixar de respirar o gás ou reduzir a pressão parcial do oxigênio. Este efeito se manifesta pelo aparecimento ou agravamento dos sintomas da toxicidade.

3.3.2 EFEITO *LORRAIN-SMITH*

3.3.2.1 O outro tipo de toxicidade do oxigênio é a pulmonar, também conhecida como pneumotoxicidade do oxigênio. Essa toxicidade causa irritação pulmonar, com tosse e respiração dolorosa, e pode aparecer após exposição prolongada a altas pressões parciais de oxigênio.

3.3.2.2 Os sintomas são dor no peito, tosse e dor à inspiração, esses desenvolvem-se lentamente, aumentando quando altos níveis de oxigênio são respirados.

3.3.2.3 Embora o oxigênio hiperbárico possa causar sérios danos aos pulmões, se a exposição for interrompida antes que os sintomas se tornam muito proeminentes, os efeitos diminuem lentamente.

3.3.2.4 Essa forma de toxicidade, normalmente, aparece durante tratamentos de descompressão com oxigênio, mergulho de saturação e menos pronunciado durante as exposições de oxigênio na água. Esse quadro tóxico é chamado de efeito Efeito *Lorrain-Smith*.

3.3.3 SINTOMAS DA HIPERÓXIA

3.3.3.1 Sintomas convulsivos:

– O sintoma mais grave da hiperóxia é a convulsão. Os seguintes fatores devem ser observados em relação a este tipo de convulsão motivado pela exposição ao oxigênio:

3.3.3.1.1 O mergulhador é incapaz de realizar uma respiração eficaz durante a convulsão.

3.3.3.1.2 Depois de trazer o mergulhador à superfície, há um período de inconsciência ou distúrbio neurológico após convulsão. Esses sintomas são indistinguíveis aos de embolia traumática pelo gás.

3.3.3.1.3 Em um mergulhador com convulsões, nenhuma tentativa deve ser feita para introduzir qualquer objeto em sua boca quando os dentes estiverem cerrados.

3.3.3.1.4 Embora o mergulhador possa se ferir na língua, esse trauma é preferível ao que poderia ocorrer durante a inserção de outro objeto estranho. Além disso, a pessoa que fornece o primeiro auxílio pode inadvertidamente ser mordida na mão pelo mergulhador.

3.3.3.1.5 Pode acontecer que a convulsão ocorra sem aviso prévio e que o mergulhador não possa voltar à superfície.

3.3.3.1.6 Diante dessa situação, a linha de canga entre mergulhadores é essencial para a segurança dos mergulhos com o equipamento de circuito fechado. Tal linha deve ser utilizada sempre que a situação tática permita (em operações reais nem sempre é possível usar).

3.3.3.2 **Sintomas não convulsivos**:

3.3.3.2.1 Outros sintomas comuns de hiperóxia são conhecidos como sintomas não convulsivos.

3.3.3.2.2 Eles podem aparecer de forma repentina e violenta ou gradualmente, com início quase imperceptível. É possível observar sinais que são memorizados através do emprego mnemônico, **VANTIT FC**.

Visão: visão em túnel, brilhos e sombreado
Audição: zumbidos nos ouvidos
Náuseas: vomitando
Tonteiras: vertigem
Irritabilidade ou euforia
Tremores: lábios e músculos faciais
Formigamento: coceiras
Convulsões

Tab 3.1 - Sintomas de intoxicação por O2

3.3.3.3 **Os fatores que aumentam a possibilidade de hiperóxia ou intoxicação pelo oxigênio são:**

3.3.3.3.1 Aumento da pressão parcial de oxigênio: em profundidades inferiores a 6 metros de coluna de água (mca), uma oscilação de 1,5m aumenta apenas ligeiramente o risco de toxicidade. No entanto, um aumento de profundidade no intervalo de 9 – 15 mca pode aumentar significativamente a probabilidade de ocorrência.

3.3.3.3.2 Aumento do tempo de exposição.

3.3.3.3.3 Imersão prolongada.

3.3.3.3.4 Fadiga por exercício físico intenso.

3.3.3.3.5 Acumulação de dióxido de carbono. O aparecimento da hiperóxia por esta causa pode ocorrer antes mesmo que o mergulhador perceba qualquer sintoma. Atenção ao tabagismo.

3.3.3.3.6 Fadiga por frio em consequência de calafrios ou aumento do ritmo do mergulho quando o mergulhador tenta se manter aquecido.

3.3.3.3.7 Doenças sistêmicas que aumentam o consumo de oxigênio. Certas condições, associadas com taxas metabólicas aumentadas (como alguns distúrbios de tireoide ou adrenais), tendem a causar um aumento de sensibilidade ao oxigênio. Mergulhadores com essas doenças devem ser excluídos do mergulho com oxigênio.

3.3.3.4 Tratamento dos sintomas não convulsivos:

3.3.3.4.1 O mergulhador, ao identificar o início dos sintomas, deve alertar seu dupla e fazer uma subida controlada à superfície.

3.3.3.4.2 Se necessário, o colete salva-vidas do mergulhador com problemas deve ser inflado e a dupla deverá observá-lo atentamente para verificar se os sintomas não se agravam.

3.3.3.5 Tratamento de convulsão subaquática:

3.3.3.5.1 Ao tratar um mergulhador em convulsão, dentro do permitido pela situação tática/operacional, devem-se seguir os seguintes passos:

a) Posicione-se atrás do mergulhador em convulsão.
b) Solte o cinto de lastro do mergulhador em convulsão, a menos que ele esteja vestindo uma roupa seca, caso em que o cinto deve ser deixado para evitar que o mergulhador fique de cabeça para baixo na superfície.
c) Mantenha a vítima com o bocal. Se não estiver na boca, não tente colocá-lo, porém se a situação permitir, certifique-se de que o bocal esteja alterado para a posição de superfície.
d) Segure a vítima pelo tórax, sobre o aparelho respiratório ou entre o equipamento e corpo. Se achar difícil controlar a vítima dessa forma, o socorrista deve usar o melhor método possível para controlá-lo. Se necessário, pode agarrá-lo pela cintura.
e) Faça uma subida controlada à superfície. Mantenha uma leve pressão sobre o peito do mergulhador para ajudá-lo a expirar.
f) Caso necessite de flutuabilidade adicional, acione o colete salva-vidas da vítima. O socorrista não deve soltar seu próprio cinto de lastro ou inflar seu colete.
g) Ao chegar à superfície, infle o colete salva-vidas da vítima caso ainda não o tenha feito, anteriormente.
h) Retire o bocal da vítima e colocar a válvula na posição de superfície, isso irá evitar a possibilidade de o equipamento ser inundado e o peso afundar a vítima.

i) Faça o sinal de atendimento de emergência.
j) Uma vez que as convulsões tenham diminuído, abra a via aérea da vítima inclinando a cabeça ligeiramente para trás.
k) Certifique-se de que a vítima está respirando. Se necessário, você pode iniciar a respiração boca a boca.

3.3.3.5.2 Havendo subida durante a ocorrência da convulsão, a vítima deve ser transportada imediatamente para a câmara hiperbárica mais próxima e lá ser examinada por um médico hiperbárico.

3.4 HIPÓXIA

3.4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

3.4.1.1 A hipóxia é a situação em que a pressão parcial de oxigênio é muito baixa para cobrir as necessidades metabólicas do organismo.

3.4.1.2 Para mergulho com oxigênio em circuito fechado, a causa da hipóxia pode acontecer devido à existência de muito gás inerte (nitrogênio) ao longo da via respiratória. Embora todas as células do corpo precisem de oxigênio, os sintomas da hipóxia, inicialmente, se manifestam por distúrbios do sistema nervoso central.

3.4.1.3 Se um mergulhador começar a respirar uma mistura gasosa com pressão parcial do oxigênio menor que 0,17 ATA no equipamento de mergulho de circuito fechado, poderá ser acometido de hipóxia.

3.4.1.4 Um mergulhador pode ficar hipóxico mesmo empregando equipamentos que usam oxigênio puro, isso ocorre, por exemplo, quando não se abre a válvula de fornecimento de oxigênio para a realização do mergulho ou quando se realiza uma má execução do processo de lavagem.

3.4.1.5 O oxigênio puro é adicionado ao equipamento pela demanda que surge da inalação do gás existente no saco respiratório.

3.4.1.6 Se houver nitrogênio circulando no circuito respiratório, ele não será absorvido pelo corpo, nem filtrado pela cal sodada, logo evitará que o saco respiratório esvazie mesmo quando o mergulhador tiver consumido todo o oxigênio do equipamento.

– Com isso, nenhuma quantidade de oxigênio será adicionada e o mergulhador pode ficar hipóxico mesmo que tenha volume de gás suficiente no saco respiratório para fazer uma inalação normal.

3.4.1.7 Se um mergulhador antes de iniciar o mergulho, negligencia o processo de lavagem e mantém um baixo nível de oxigênio no circuito respiratório (por exemplo, 25%) e, se o percentual de oxigênio permanecer em 25%, inicialmente, não haverá problema algum.

– À medida que o mergulhador respira do equipamento, essa porcentagem de oxigênio no circuito respiratório começará a diminuir, assim como o volume de gás no saco

respiratório.
– Se o saco respiratório esvaziar e o equipamento começar a adicionar oxigênio antes que se reduza a concentração de oxigênio, a hipóxia pode não ser produzida.
– No entanto, se o mergulhador começar com o saco respiratório muito cheio, o volume de gás no saco pode ser reduzido a dois ou três litros sem adição de oxigênio.
– Nesses casos, a concentração de oxigênio pode cair para 10% ou menos, resultando em hipóxia.

3.4.1.8 O risco é maior quando o mergulhador está na superfície, antes de iniciar o mergulho, já que quando o mergulhador desce até a profundidade de trânsito 4 - 6 mca. Duas coisas acontecem:

– o volume do saco diminuirá, então o oxigênio puro entrará para a equipamento, aumentando assim a sua concentração; e
– o aumento da profundidade produz aumento da pressão parcial de oxigênio.

3.4.1.9 Se o mergulhador realizar o processo de lavagem rápida debaixo d'água, normalmente não será necessária nenhuma alteração de profundidade após o procedimento. Logo, o aumento na concentração de oxigênio, conforme descrito acima, não será produzido. Portanto, para garantir uma concentração adequada de oxigênio no equipamento com o processo de lavagem rápida subaquática é muito importante se atentar estritamente ao procedimento ensinado.

3.4.1.10 A possibilidade de desenvolver um quadro de hipóxia, na situação descrita acima, exige um minucioso procedimento lavagem rápida com o equipamento de circuito fechado. Esse fato irá garantir que a concentração de oxigênio no circuito respiratório será alta o suficiente para a realização da operação sem que ocorra problemas de hipóxia.

3.4.2 OS SINTOMAS DA HIPÓXIA SÃO:

3.4.2.1 A escassez de oxigênio devido sua baixa concentração no gás respirável, pode não ter nenhum sintoma de alerta antes da perda de consciência.

3.4.2.2 Os sintomas que podem aparecer são: confusão, descoordenação, tonturas e convulsões.

– É importante observar que se você produzir os sintomas de inconsciência ou convulsões no início de um mergulho com oxigênio em circuito fechado, a hipóxia (e não a toxicidade do oxigênio) é a causa mais provável.

3.4.3 TRATAMENTO DA HIPÓXIA:

– Se surgir um caso suspeito de hipóxia, o seguinte tratamento deverá ser adotado:

3.4.3.1 Se o mergulhador ficar inconsciente ou não tiver coordenação adequada sob a água, o canga deverá adicionar oxigênio ao equipamento do mergulhador afetado através do *by pass*.
a) O mergulhador afetado deverá ser trazido à superfície.
b) Retirar o bocal e deixar respirar ar fresco.

c) Se estiver inconsciente, verificar a respiração e a circulação
d) Mantenha suas vias aéreas abertas e administre oxigênio puro.

3.4.3.2 Se o mergulhador chegar à superfície em estado inconsciente, transfira-o para uma câmera hiperbárica mais próxima e faça com que seja examinado por um médico hiperbárico.

3.4.3.3 Se o mergulhador recuperar plenamente suas funções neurológicas, não será necessário um tratamento imediato para ETG.

3.5 HIPERCAPNIA

3.5.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

3.5.1.1 A hipercapnia é uma alta concentração de dióxido de carbono (CO_2) nos tecidos do corpo.

3.5.1.2 Normalmente, esta situação é o resultado de um aumento dos níveis de dióxido de carbono gerados pelo processo respiratório natural do corpo.

3.5.1.3 As causas podem ser devidas a uma falha na capacidade de absorção na cal sodada do CO_2 presente no do gás exalado ou como consequência de uma ventilação inadequada (volume respiratório) pelo mergulhador.

3.5.2 OS SINTOMAS DA HIPERCAPNIA SÃO:

a) Aumento da frequência e profundidade da respiração.
b) Respiração difícil (semelhante à que ocorre durante um exercício físico forte).
c) Dor de cabeça.
d) Confusão metal.
e) Inconsciência.

3.5.2.1 Vale ressaltar que os sintomas dependem da pressão parcial do dióxido de carbono que, por sua vez, é uma relação entre a concentração deste composto no gás e da pressão absoluta. Portanto, os sintomas aumentarão com o aumento da profundidade.

3.5.2.2 É importante notar que a presença de alta pressão parcial de oxigênio pode reduzir os primeiros sintomas de acúmulo de dióxido de carbono.

3.5.2.3 Além disso, os altos níveis de dióxido de carbono podem levar a um quadro de toxicidade em um mergulho que em princípio deveria ser seguro.

3.5.3 TRATAMENTO DA HIPERCAPNIA:

a) Aumente a ventilação (caso prender a respiração seja a causa).
b) Reduzir a intensidade do esforço.
c) Cancele o mergulho. Retorne à superfície e respire ar.
d) Durante a subida, mantendo a posição vertical, o mergulhador deve ativar a sua válvula *by-pass*, adicionando gás fresco ao seu aparelho respiratório.

e) Se os sintomas são devidos ao alagamento do canister, a posição vertical diminuirá a probabilidade de o mergulhador sofrer lesões químicas.
f) Se o mergulhador ficar inconsciente debaixo d'água, aplicar-se-iam as mesmas regras e os princípios descritos na seção sobre o tratamento de convulsões debaixo d'água.

3.5.3.1 Se houver suspeita de toxicidade por dióxido de carbono, o mergulho deverá ser interrompido imediatamente, mesmo que os sintomas desapareçam ao chegar na superfície.

3.5.3.2 A redução dos sintomas poderá ter sido motivada pela redução da pressão parcial e aparecerá novamente ao retornar às profundidades.

3.5.4 COMO EVITAR O ACÚMULO DE DIÓXIDO DE CARBONO:

3.5.4.1 O risco de acumulação pode ser reduzido se forem observadas as seguintes precauções:

a) Use apenas absorventes de dióxido de carbono certificados e dentro do prazo de validade
b) Siga os procedimentos prescritos para encher o recipiente absorvente (canister) a fim de garantir que seja preenchido corretamente.
c) Realize o teste de estanqueidade e faça uma checagem rigorosa antes do mergulho.
d) Procure por bolhas de gás que possam causar uma inundação do recipiente absorvente.
e) Não exceda o tempo limite de vida do absorvente de 4 horas.
f) Certifique-se de que as válvulas de retenção dos tubos das traqueias de inspiração e expiração estão montadas e funcionando corretamente.
g) Nade em um ritmo relaxado e confortável.
h) Tente fazer uma respiração contínua e profunda, evitando longas pausas na respiração ou respiração superficial.

3.5.4.2 Com equipamentos de circuito fechado, não se obtém nenhuma vantagem em prender a respiração, podendo produzir altos níveis de dióxido de carbono, mesmo com operação correta do absorvente.

3.6 LESÕES QUÍMICAS

3.6.1 O termo "lesões químicas" refere-se à introdução de substâncias cáusticas, do absorvente de dióxido de carbono do equipamento respiratório, nas vias aéreas superiores do mergulhador.

3.6.2 CAUSA DAS LESÕES QUÍMICAS:

3.6.2.1 A solução alcalina cáustica surge da água que entra no cartucho purificador ou canister e reage com a cal sodada.

3.6.2.2 Quando o mergulhador está na posição horizontal ou cabeça para baixo, esta solução pode circular pela traqueia de inalação passando para as vias aéreas respiratórias superiores irritando-as ou lesionando-as.

3.6.2.3 O mergulhador também pode ter falta de ar ou dor de cabeça, que são os sintomas do acúmulo de dióxido de carbono no gás respirado. Isso se deve a um acúmulo da solução cáustica no recipiente absorvente, prejudicando sua capacidade de absorção.

3.6.2.4 Se o problema não for corrigido imediatamente, a solução alcalina pode penetrar nos tubos das traqueias e ser inalada ou deglutida, podendo surgir sintomas imediatos de asfixia, engasgos, gosto desagradável e queimaduras na boca e garganta.

3.6.2.5 Essa situação costuma ser chamada de "coquetel cáustico". A extensão das lesões vai depender da quantidade e da distribuição da solução.

3.6.3 TRATAMENTO DO ACIDENTE QUÍMICO:

3.6.3.1 Se a solução cáustica entrar na boca, nariz ou máscara de mergulho, o mergulhador deve realizar os seguintes passos:

a) imediatamente fique de pé na água; e
b) pressione continuamente a válvula manual do *by-pass* e faça uma subida controlada até a superfície, exalando gás pelo nariz para evitar a síndrome da hiperdistensão pulmonar (SHP).

3.6.3.2 Se houver água fresca disponível na superfície, enxágue a boca várias vezes e depois beba vários goles.

– Se apenas água salgada estiver disponível, enxágue a boca, mas não engula.

3.6.3.3 Outros fluidos também podem ser usados, se disponíveis, mas não são recomendadas soluções ácidas (vinagre, suco de limão etc.). Não tente induzir o vômito.

3.6.3.4 Como consequência das lesões químicas, o mergulhador pode ter dificuldade para respirar adequadamente durante a subida, por isso deve ser observado caso apareçam sintomas de uma ETG, para que seja tratado.

3.6.3.5 Tão logo quanto possível, a vítima de uma lesão química deve ser examinada pelo médico.

3.6.3.6 Dificuldades respiratórias que possam surgir como resultado de um trauma químico nas vias aéreas requerem hospitalização imediata.

3.7 SÍNDROME DE ABSORÇÃO DE OXIGÊNIO NO OUVIDO MÉDIO

3.7.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

3.7.1.1 Essa síndrome consiste em uma pressão negativa que pode ser produzida no ouvido médio após um longo mergulho de oxigênio.

3.7.1.2 Durante um mergulho de oxigênio, gás com uma porcentagem muito alta de oxigênio entra na cavidade do ouvido médio.

– Durante o mergulho, este oxigênio é lentamente absorvido pelos tecidos da área.

3.7.1.3 Se a trompa de Eustáquio não abre espontaneamente uma pressão negativa, em relação à pressão ambiente, pode ser produzida nesta cavidade.

3.7.1.4 Frequentemente, esses sintomas são percebidos na manhã seguinte a uma longa imersão em oxigênio.

3.7.1.5 Esta síndrome é difícil de evitar, mas geralmente não é um problema importante, pois os sintomas, geralmente, são leves e facilmente eliminados.

3.7.1.6 Fluidos (otite média serosa) também podem aparecer no ouvido médio como resultado de pressão diferencial.

3.7.2 OS SINTOMAS DA SÍNDROME DE ABSORÇÃO DE OXIGÊNIO NO OUVIDO MÉDIO SÃO:

a) O mergulhador pode notar um leve desconforto e perda auditiva em um ou ambos ouvidos.
b) Você também pode sentir pressão e umidade ou uma sensação de estalo como consequência da presença de líquido no ouvido médio.

3.7.3 PARA O TRATAMENTO DA SÍNDROME:

3.7.3.1 Se a pressão for equilibrada no ouvido médio usando a manobra de Valsalva padrão, ou qualquer outro procedimento escolhido pelo mergulhador (por exemplo, engolir, bocejar etc), geralmente, alivia os sintomas.

3.7.3.2 O desconforto e a perda auditiva desaparecem rapidamente, mas o fluido do ouvido médio é lentamente absorvido.

3.7.3.3 Se os sintomas persistirem, deve-se consultar uma enfermeira de mergulho ou um médico de mergulho.

CAPÍTULO IV

PLANEJAMENTO DE MERGULHOS COM OXIGÊNIO EM CIRCUITO FECHADO

4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

4.1.1 CATEGORIAS

4.1.1.1 O planejamento dos mergulhos, com oxigênio em circuito fechado, se divide em duas categorias:

a) mergulhos de trânsito com limites de excursão e
b) mergulhos de profundidade singela.

4.1.1.2 Mergulhos de trânsito com limite de excursão:

4.1.1.2.1 O mergulho de trânsito com limite de excursão é um mergulho realizado a uma profundidade de 6 mca ou menos, permitindo que o mergulhador realize uma breve descida (excursão), aumentando a sua profundidade até uma profundidade máxima de 15 mca.

4.1.1.2.2 O tempo máximo de realização deste mergulho é de 240 minutos.

4.1.1.2.3 Quando a situação tática exigir um mergulho além dos limites da excursão, o mergulho deverá ser tratado como o de profundidade singela.

4.1.1.3 Mergulhos de profundidade singela:

4.1.1.3.1 São mergulhos realizados a profundidades superiores a 6 mca.

4.1.1.3.2 Nesses tipos de mergulho não se permitem ganhos de profundidade maiores ao planejado.

4.1.1.3.3 Apesar do reduzido tempo de fundo do mergulhador, eles podem ser úteis para determinadas situações.

4.1.2 ALGUMAS DEFINIÇÕES EMPREGADAS NO PLANEJAMENTO DO MERGULHO COM OXIGÊNIO:

a) Trânsito
- mergulho com uma profundidade igual ou menor que 6m.

b) Excursão
- quando um mergulhador desce abaixo de 6m durante um mergulho de trânsito.

c) Tempo de excursão
- começa assim que se ultrapassa a profundidade de 6m e termina quando se retorna a cota de 6m.

d) Tempo de oxigênio
- do início da respiração de oxigênio (O2) puro (circuito fechado) até o término da

respiração de O2 puro (circuito aberto).
e) Profundidade Singela
– mergulho, sem excursão, no qual é necessário navegar a uma profundidade maior que 6m.

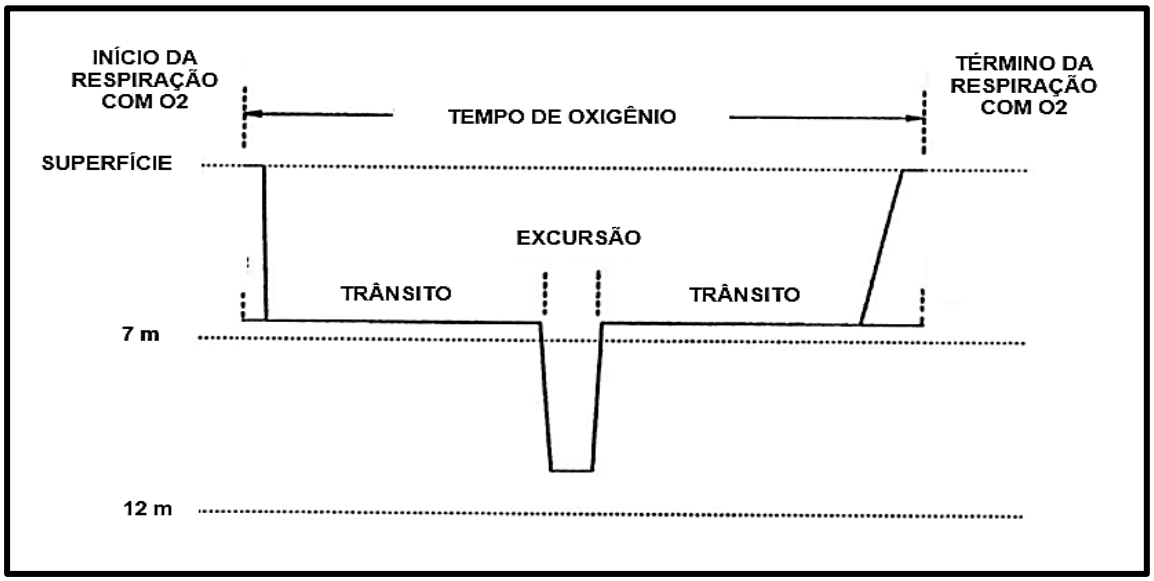


Fig 4.1 – Definições de mergulho com O2

4.1.3 EPISÓDIOS OCASIONAIS DE INTOXICAÇÃO

4.1.3.1 Embora existam os limites previstos, podem ocorrer episódios ocasionais de intoxicação por oxigênio no SNC fora desses limites.

4.1.3.2 Este é o motivo para que sempre se realize o mergulho em duplas em operações de mergulho com oxigênio em circuito fechado.

4.2 LIMITES DAS IMERSÕES COM VARIAÇÃO DE PROFUNDIDADE (EXCURSÕES)

4.2.1 Na maioria das operações de mergulho de combate, é preferível o planejamento de mergulhos sem excursões, ou seja, com a profundidade de trânsito de até 6 mca.

4.2.2 A excursão pode ser realizada a qualquer momento durante um mergulho com O_2 (exceto em caso de mergulho com profundidade singela).

4.2.3 O tempo limite da excursão é determinado pela máxima profundidade atingida.

4.2.4 Vale ressaltar que permanecer a uma profundidade de 6 mca, ou menos, diminui as possibilidades de intoxicação por oxigênio durante a maioria dos mergulhos. Apenas uma única excursão é permitida durante o mergulho.

4.2.5 Quando a situação tática exigir uma descida superior a 6 mca por um tempo além dos limites da excursão, devem ser utilizados os limites de mergulho de profundidade singela.

PROFUNDIDADE	TEMPO MÁXIMO
6 < Prof < 12 mca	15 minutos
12 ≤ Prof ≤ 15 mca	5 minutos

Tab 4.1 – Tempo limite para excursões

4.3 REGRAS DA EXCURSÃO

- O tempo total de mergulho (tempo de oxigênio) não pode exceder 240 minutos.
- Uma única excursão pode ser feita a qualquer momento durante o mergulho.
- O mergulhador deve retornar a 6 mca ou menos ao final do tempo limite da excursão.
- O limite de tempo durante o aumento de profundidade (excursão) é determinado pela máxima profundidade alcançada.
- A excursão realizada não reduz o limite do tempo de oxigênio.

4.4 AUMENTOS INADVERTIDOS DE PROFUNDIDADE

- Se ocorrer um aumento inadvertido da profundidade, um dos seguintes pontos deve ser aplicado:

4.4.1 Caso a profundidade e/ou tempo de subida ultrapasse os limites planejados, ou já tenha sido realizada uma excursão anteriormente, o mergulho deverá ser abortado e os mergulhadores retornarão à superfície o mais rápido possível dentro da situação tática.

4.4.2 Se o aumento de profundidade foi dentro dos limites permitidos em uma excursão, o mergulho pode continuar até atingir o tempo máximo de oxigênio autorizado para o mergulho, 240 minutos, mas não pode ser realizado outro aumento de profundidade superior a 6 mca.

4.4.3 Quando o aumento de profundidade ultrapassar os limites autorizados nas excursões, o mergulho deve ser tratado como mergulho de profundidade singela, aplicando-se a profundidade máxima e o tempo total de oxigênio dos limites para este tipo de mergulho.

4.4.4 Se o mergulhador não tiver certeza de quanto tempo ele ficou abaixo de 6 mca, o mergulho deve ser abortado.

4.5 LIMITES DAS IMERSÕES EM PROFUNDIDADE SINGELA

4.5.1 O termo “profundidade singela” não significa que todo o mergulho deve ser feito em uma determinada profundidade, mas sim que o limite de tempo aplicado ao mergulho é baseado na máxima profundidade atingida.

4.5.2 Esta categoria de mergulho permite uma exposição ao O_2 em maiores profundidades, porém possui um tempo de exposição menor.

4.5.3 Não é permitido realizar excursões durante um mergulho com profundidade singela.

PROFUNDIDADE MÁXIMA	TEMPO DE O_2
6 mca	240 minutos
9 mca	80 minutos
10,5 mca	25 minutos
12 mca	15 minutos
15 mca	10 minutos

Tab 4.2 – Tempo limite para profundidade singela

4.6 REGRAS PARA MERGULHOS SUCESSIVOS

4.6.1 O equipamento de mergulho de circuito fechado com oxigênio puro pode ser usado antes ou depois de outro equipamento de mergulho autônomo.

4.6.2 MERGULHOS ANTERIORES COM OXIGÊNIO

4.6.2.1 Se um mergulho com oxigênio for realizado após uma exposição anterior ao oxigênio em circuito fechado, o efeito do mergulho anterior no limite de exposição para o mergulho subsequente dependerá do intervalo sem oxigênio.

4.6.2.2 As seguintes definições se aplicam ao usar limites de exposição ao oxigênio para mergulhos sucessivos com oxigênio:

4.6.2.2.1 Mergulho sucessivo com O_2:

– É um mergulho com O_2 que segue um prévio mergulho com O_2 após um intervalo de superfície menor que 2 horas.

4.6.2.2.2 Intervalo de superfície de O_2:

– É definido como o tempo desde o momento em que o mergulhador interrompe a respiração de seu FROGS em um mergulho até começar a respirar novamente o O_2 no próximo mergulho.

4.6.2.3 Considerações

4.6.2.3.1 Se um mergulho com O_2 é considerado um mergulho sucessivo, você deve somar o limite de exposição ao O_2 de ambos os mergulhos.

– Ou seja, em caso de mergulhos de trânsito com limite de excursão o tempo máximo não poderá ultrapassar de 240 minutos e em casos de mergulhos de profundidade singela o tempo máximo não poderá ultrapassar o tempo permitido para a maior profundidade atingida.

4.6.2.3.2 Se o intervalo de superfície de O_2 for de duas horas ou mais, nenhum cálculo precisa ser feito para o mergulho subsequente. Ou seja, um mergulho com oxigênio realizado após um intervalo de superfície de O_2 maior que 2 horas é considerado o mesmo que uma exposição inicial ao oxigênio.

4.6.2.3.3 Entretanto, deve-se respeitar o limite de 240 minutos de exposição ao O_2 dentro de 24 horas.

4.6.3 MERGULHO COM OXIGÊNIO DEPOIS DE MERGULHO COM AR OU MISTURA DE GÁS

4.6.3.1 Quando forem necessárias imersões sucessivas, se a imersão anterior foi com ar, os limites de exposição para imersões sucessivas com oxigênio não requerem nenhum ajuste.

4.6.3.2 Se o mergulho anterior foi realizado com uma mistura gasosa empregando uma pressão parcial de oxigênio de 1,0 atm ou superior, a exposição anterior deve ser tratada como um mergulho de oxigênio em circuito fechado.

4.6.3.3 Nesse caso, o intervalo sem oxigênio é calculado a partir do momento em que o mergulhador deixa de respirar a mistura gasosa até começar a respirar pelo equipamento de mergulho de circuito fechado com oxigênio.

4.6.4 MERGULHOS DE OXIGÊNIO DE ALTITUDE

– Os limites e os procedimentos de exposição ao oxigênio em circuito fechado podem ser usados sem modificação para mergulhos em altitudes acima do nível do mar.

4.6.5 VOOS APÓS MERGULHOS DE OXIGÊNIO

4.6.5.1 É permitido realizar voos imediatamente após os mergulhos com oxigênio puro, a menos que no mergulho realizado tenha sido empregando diferentes tipos de equipamentos, nos quais o mergulhador tenha respirado além do O2 puro, outra mistura gasosa (ar, nitrogênio-oxigênio).

4.6.5.2 No último caso, devem-se aplicar as regras apropriadas.

4.7 AUTONOMIA DOS EQUIPAMENTOS DE MERGULHO COM CIRCUITO FECHADO

4.7.1 A FÓRMULA GERAL DA AUTONOMIA É:

$$A_{(\text{autonomia})} = \frac{\text{Capacidade útil}}{\text{Consumo}}$$

4.7.1.1 A capacidade útil é o volume dos cilindros multiplicado pela pressão de carga.

4.7.1.2 Da mesma forma que para equipamentos de circuito aberto, deve-se levar em consideração certa quantidade de oxigênio reserva para trabalhar com a devida

segurança.

– Capacidade útil = Nr de cilindros X Volume (Pressão de trabalho - Pressão reserva)

4.7.2 O CONSUMO DE OXIGÊNIO É CALCULADO EM FUNÇÃO DO TIPO DE TRABALHO EXERCIDO

TIPO DE TRABALHO	CONSUMO DE OXIGÊNIO
Leve	1 litro/ minuto
Moderado	1,5 litros/ minuto
Pesado	2 litros/ minuto
Excessivo	3 litros/ minuto

Tab 4.3 – Previsão de consumo de oxigênio

4.7.2.1 Deve-se levar em consideração que conduzir a bolsa estanque e material extra diminui a autonomia devido ao aumento do esforço físico, resulta no aumento do consumo do oxigênio pelo mergulhador.

4.7.2.2 Da mesma forma, a autonomia do equipamento é limitada pela autonomia da cal sodada, 240 minutos.

4.8 PLANEJAMENTO DAS OPERAÇÕES

4.8.1 FATORES A CONSIDERAR

– Certos fatores devem ser levados em consideração no planejamento da operação de mergulho com oxigênio:

a) limitações operacionais;
b) ampliação do alcance operacional;
c) treinamento;
d) precauções pré-mergulho;
e) procedimentos antes do mergulho;
f) entrada na água e descida controlada;
g) procedimentos subaquáticos; e
h) procedimentos de subida.

4.8.2 LIMITAÇÕES OPERACIONAIS

– Os responsáveis pelo planejamento da missão devem considerar os seguintes potenciais fatores limitantes no emprego do equipamento de circuito fechado:

a) Quantidade de oxigênio disponível;
b) Tempo de duração da absorção de CO2 pelo canister;
c) Limites de exposição do O2; e
d) Fatores térmicos.

4.8.3 AMPLIAÇÃO DO ALCANCE OPERACIONAL

– O alcance operacional do equipamento pode ser maximizado seguindo estas diretrizes:

4.8.3.1 Sempre que possível, planeje a operação usando a técnica *turtle back*, na qual o mergulhador nada na superfície parte do tempo, respirando ar quando possível.

4.8.3.2 Use as marés e as correntes para obter o máximo de vantagem. Evite nadar contra a correnteza.

4.8.3.3 Certifique-se de que os cilindros de oxigênio estejam carregados até a capacidade máxima antes do mergulho.

4.8.3.4 Minimize a perda de gás do FROGS evitando vazamentos e mudanças de profundidade desnecessária.

4.8.3.5 Mantenha um ritmo de natação confortável e relaxado durante a operação. Para a maioria dos mergulhadores, 0,8 nós é uma velocidade adequada de natação.

4.8.3.6 Em atividades mais intensas, a velocidade de natação mais rápida é compensada por um consumo de oxigênio desproporcionalmente maior, resultando em uma diminuição na faixa operacional.

4.8.3.7 Altas taxas de esforço podem reduzir a duração do suprimento de oxigênio, podendo gerar um fator limitante para a operação.

4.8.3.8 Certifique-se de que os mergulhadores estejam usando a proteção térmica adequada. Um mergulhador com frio começará a tremer ou aumentará a frequência de respiração, o que aumentará o consumo de oxigênio e diminuirá a duração operacional do suprimento de oxigênio.

4.8.4 TREINAMENTO

4.8.4.1 Os mergulhos de treinamento e a readaptação devem ser realizados com as seguintes considerações:

4.8.4.1.1 Os mergulhos de adestramento devem ser conduzidos com equipamentos que reflitam o que o mergulhador deverá usar nas operações. Isso deve incluir equipamentos, materiais de demolição e armas, conforme planejamento.

4.8.4.1.2 O adestramento periódico e de readaptação em sala devem ser realizados com foco em procedimentos de mergulho com oxigênio, toxicidade do oxigênio no SNC e gerenciamento de acidentes de mergulho.

4.8.4.1.3 Deve-se desenvolver e treinar o conjunto sinais e gestos que serão empregados na missão.

4.8.4.1.4 Combine as duplas de mergulho de acordo com a velocidade de natação.

4.8.4.1.5 Se for planejada uma missão de longa duração empregando mergulho de circuito fechado com oxigênio, são recomendados mergulhos de prévios de ensaio e preparação.

4.8.4.1.6 Não é recomentado participar de uma operação sem estar readaptado ao equipamento.

4.8.4.2 Principais sinais e gestos

a) Subir;
b) Descer;
c) Superfície tática;
d) Superfície de Emergência;
e) Acelerar;
f) Desacelerar;
g) Perigo - Cuidado;
h) Algo está mal;
i) Não consigo compensar;
j) Excursão; e
k) Ok.

a) **SUBIR** – Mão fechada e dedo polegar apontado para cima – Movimento vertical indicando a direção de subida	
b) **DESCER** – Mão fechada e dedo polegar apontado para baixo – Movimento vertical indicando a direção de descida	

Tab 4.4 – Principais sinais e gestos

c) **SUPERFÍCIE TÁTICA** – Mão fechada e dedo polegar apontado para cima – Movimento vertical indicando a direção de subida Dois dedos “em V” apontados para os olhos do próprio mergulhador	
d) **SUPERFÍCIE DE EMERGÊNCIA** – Mão fechada apontada para o outro militar – Movimento vertical indicando a direção de subida – Dois dedos “em V” apontados para os olhos do próprio mergulhador	
e) **ACELERAR** – Mão fechada e movimento vertical do antebraço (subir e descer)	
f) **DESACELERAR** – Mão aberta e espalmada na horizontal – Movimento vertical indicando a descida	

Tab 4.4 – Principais sinais e gestos (continuação)

g) **PERIGO - CUIDADO** – Mão fechada apontada para o outro militar – Não há qualquer movimento (vertical ou horizontal)	
h) **ALGO ESTÁ MAL** – Mão aberta e espalmada na horizontal apontada para o outro militar – Rotacionar a mão aberta, para um lado e para o outro	
i) **NÃO CONSIGO COMPENSAR** – Mão fechada e dedo indicador apontando para a própria cabeça (máscara) – Pode ser feito movimento de aproximar e afastar a mão, juntamente do ALGO ESTÁ MAL	
j) **EXCURSÃO** – Mão esquerda espalmada e na horizontal – Mão direita fechada e dedo indicador apontando para o equipamento	

Tab 4.4 – Principais sinais e gestos (continuação)

k) **OK** – Mão fechada e dedos indicador e polegar unidos formando um zero	

Tab 4.4 – Principais sinais e gestos (continuação)

4.8.4.3 Pessoal e material de Apoio

4.8.4.3.1 O seguinte pessoal deve estar presente em todos os mergulhos de oxigênio em circuito fechado de treinamento e adestramento:

a) Supervisor de mergulho
b) Mergulhador de segurança com equipamento de circuito aberto (não oxigênio) SCUBA.
c) Equipe médica com ambulância equipada com material de salvamento e resgate de mergulhador.

4.8.4.3.2 Equipamentos de segurança

a) Bote de apoio:
– No mínimo um barco/bote motorizado deve estar presente para a realização do mergulho.
– Dependo do exercício mais embarcações devem ser utilizadas na atividade (por exemplo, operações noturnas).
– O Supervisor de Mergulho deve determinar o número de embarcações necessárias com base na área do mergulho, plano de evacuação médica e número de militares participando do mergulho.
– Quando mais de uma embarcação de segurança for utilizada, deverá existir a comunicação entre as embarcações de apoio.
c) Linha de canga:
– Como o risco de ficar inconsciente ou incapacitado durante um mergulho com circuito fechado é maior do que um mergulhador SCUBA, é necessária a utilização de linhas da canga para mergulhos com oxigênio.
– Em algumas missões especiais de mergulho, quando o uso puder atrapalhar ou colocar em risco os mergulhadores, as linhas de canga poderão ser suprimidas.
– Para montagem da cordada a linha de canga das duplas se conecta a uma haste de cano fino e leve de 02 metros de comprimento entre uma dupla e outra. Isso facilita a navegação, a comunicação, a segurança e o controle das duplas durante a realização da atividade.

- Poderá ser montada com 02, 03, 04, 05 ou 06 duplas.
- Quanto maior a cordada, mais tempo se leva para realizar a abordagem da praia ou meio flutuante.
- A primeira dupla da cordada é responsável pela orientação.
- A última dupla é responsável pelo efetivo e segurança à retaguarda.
- As duplas intermediárias são responsáveis pela segurança de toda a cordada.

Fig 4.1 – Equipe da cordada com a linha de canga

d) Profundímetro:

- A importância de manter um controle preciso da profundidade em mergulhos com oxigênio exige que cada mergulhador use um medidor de profundidade.

e) Boia de segurança:

- Durante os mergulhos de instrução e adestramento com o equipamento de circuito fechado, deve ser utilizada a boia de segurança visível na superfície o tempo todo.
- Após o pôr do sol, a boia deve ser iluminada para ser facilmente visível para o pessoal da superfície, por exemplo com *Cyalumes*.
- O Supervisor de Mergulho deve considerar as nuances da missão e os fatores ambientais para determinar o comprimento necessário da linha da boia de segurança.

f) bolsa estanque:

- Para a preparação da bolsa estanque é interessante que o material a ser conduzido esteja na parte superior da bolsa, facilitando assim a ajustagem ao corpo do mergulhador e proporcionando maior equilíbrio da bolsa durante a navegação;
- Após a colocação do material na bolsa, deve-se retirar o máximo de ar da bolsa antes de fechá-la, na sequência deve-se iniciar o processo de retirada do ar dentro de um tambor d'água de no mínimo 01 metro de profundidade (galão de 200 litros) que permita a imersão dela, de maneira que a bolsa se torne "negativa" nessa profundidade;

4.8.4.3.3 O Supervisor de Mergulho deve considerar cuidadosamente cada tipo de situação e, conforme for autorizar que as linhas de canga sejam desconectadas somente quando seu uso impedir o desempenho da missão.

SUPERVISOR DE MERGULHO	**EQUIPE DE SAÚDE**
1. Relógio 2. Lista das duplas de mergulho 3. Material de resgate disponível 4. Cópia dos limites de exposição ao oxigênio 5. Cópia das Tab de ar	1. Ambu 2. Cânula orofaríngea, adaptável a máscara utilizada 3. Kit de 1º Socorros com O_2 portátil 4. Dois cantis de água doce para tratar lesões químicas
MERGULHADOR DE SEGURANÇA	**MERGULHADORES**
1. Mergulhador com ar comprimido 2. Cinto de lastro (se necessário) 3. Equipamento de mergulho SCUBA 4. Máscara 5. Nadadeiras 6. Proteção térmica adequada 7. Faca de mergulho 8. Lanterna 9. Profundímetro 10. Computador de mergulho	1. Colete de segurança 2. Cinto de lastro (removível) 3. Máscara 4. Nadadeiras 5. Faca de mergulho 6. Estroboscópio, SFC 7. Relógio 8. Proteção térmica adequada 9. Apito 10. Linha de canga 11. Profundímetro 12. Bússola de mergulho
OPCIONAL	**USO GERAL**
1. Luvas 2. Boias de segurança 3. Prancheta de pulso para anotações	1. Embarcação motorizada 2. Rádio (comunicação com a equipe de saúde, embarcações e equipes de apoio) 3. Lanterna de feixe de alta intensidade (operações noturnas) 4. Bandeiras de mergulho e/ou luzes de sinalização conforme necessário

Tab 4.5 – Equipamentos para mergulho de Circuito Fechado

4.8.5 PRECAUÇÕES PRÉ-MERGULHO

– Itens que devem ser determinados antes da operação de mergulho:

a) Meios de comunicação com a Equipe de Saúde mais próxima.
b) Localização da câmara hiperbárica mais próxima.
  – A confirmação da disponibilidade da câmara deve ser obtida antes do mergulho.
c) Instalação médica mais próxima para tratamento de lesões ou problemas médicos que não requeiram terapia de recompressão.
d) Plano de evacuação para a câmara hiperbárica ou instalação médica.

– Se for necessária a coordenação com outras unidades para apoio de aeronave/barco/veículo, o Supervisor de Mergulho deve conhecer as frequências, indicativos de chamada e pessoal de contato necessário para disponibilizar o transporte em caso de emergência.

e) O plano de evacuação médica deve ser incluído no Briefing do Supervisor de Mergulho.

4.8.6 PROCEDIMENTOS ANTES DO MERGULHO

4.8.6.1 Preparação de Equipamentos

– A configuração pré-mergulho do FROGS é realizada usando os procedimentos contidos no Capítulo II deste Manual Técnico.

4.8.6.2 *Briefing* do Supervisor de Mergulho

4.8.6.2.1 O *Briefing* do Supervisor de Mergulho deve ser emitido separadamente do *Briefing* Geral da missão e deve focar na parte da operação de mergulho com atenção especial aos itens mostrados na tabela abaixo:

1 PLANO DE MERGULHO	**6 PROCEDIMENTOS DE EMERGÊNCIA**
a. Profundidade operacional	**a.** Sintomas de toxicidade de O2 - revisão detalhada
b. Distância, rumos, linhas de trânsito	**b.** Sintomas de acúmulo de CO2 - análise detalhada
c. Tempo de mergulho	**c.** Revise a medidas de salvamento para convulsão subaquática, intoxicação de O2 não convulsivo, hipercapnia, hipóxia, lesão química, mergulhador inconsciente.
d. Obstáculos ou perigos conhecidos	**d.** Mau funcionamento do FROGS
2 AMBIENTE OPERACIONAL	**e.** Procedimentos de mergulhador ou canga perdidos
a. Condições meteorológicas	**f.** Plano de evacuação médica
b. Temperaturas da água/ar	- Câmara hiperbárica mais próxima
c. Visibilidade de água/ar	- Equipe médica mais próxima
d. Correntes/marés	- Plano de evacuação
3 EQUIPAMENTO ESPECIAL PARA:	- Plano de resgate de mergulhador perdido
a. Mergulhadores (inclui roupa térmica)	**7 REVISÃO DO PROCEDIMENTO DE LAVAGEM**
b. Supervisor de mergulho	
c. Mergulhador de prontidão	**8 HORÁRIOS IMPOSTOS E TEMPO DE DURAÇÃO DA OPERAÇÃO**
d. Equipe médica	
4 REVISÃO DOS SINAIS E GESTOS	
5 COMUNICAÇÕES	
a. Frequências	
b. Sinais convencionados	

Tab 4.6 – Briefing do Supervisor de Mergulho

4.8.6.3 *Check* do Supervisor de Mergulho

– O *Check* do Supervisor de Mergulho é realizado em duas etapas.

4.8.6.3.1 Na primeira fase, como os mergulhadores configuram seus próprios equipamentos antes do mergulho, o Supervisor de Mergulho deve garantir que todas as etapas de montagem e preparação foram realizadas adequadamente.

4.8.6.3.2 Com isso, o Supervisor de Mergulho assina a lista de verificação pré-mergulho, verificando se os procedimentos foram concluídos corretamente.

4.8.6.3.3 A segunda fase do *Check* é feita depois que os mergulhadores estão equipados. Neste momento, o Supervisor de Mergulho deve verificar os seguintes itens:

a) Pressão de oxigênio adequada.
b) Bom funcionamento das válvulas unidirecionais das traqueias.
c) Colete do FROGS preso e bem ajustado ao mergulhador.
d) Colete de segurança e cinto de lastro bem ajustados.
e) O cinto de lastro deve ser configurado de modo que possa ser liberado facilmente.
f) Verificação dos itens necessários ao mergulho, como bússolas, medidores de profundidade, relógios de mergulho, linhas de canga e equipamentos táticos.

4.8.7 ENTRADA NA ÁGUA E DESCIDA CONTROLADA

4.8.7.1 Considerações iniciais

4.8.7.1.1 O mergulhador deve realizar o procedimento de lavagem antes ou durante qualquer mergulho em que o FROGS seja usado.

4.8.7.1.2 O procedimento de lavagem é realizado para eliminar o nitrogênio residual do equipamento e dos pulmões do mergulhador assim que ele começa a respirar em circuito fechado.

4.8.7.1.3 Este procedimento evita a possibilidade de hipóxia como resultado de excesso de nitrogênio no circuito respiratório.

4.8.7.1.4 O volume de gás do qual este excesso de nitrogênio deve ser eliminado é composto por mais gás do que apenas contido no saco respiratório.

4.8.7.1.5 O canister, as traqueias de inalação/exalação e os pulmões do mergulhador também devem ser “lavados” de nitrogênio.

4.8.7.2 Procedimento de lavagem:

4.8.7.2.1 Imediatamente antes de entrar na água, os mergulhadores devem realizar o procedimento de lavagem apropriado.

4.8.7.2.2 É difícil e desnecessário eliminar completamente o nitrogênio do circuito respiratório.

4.8.7.2.3 O procedimento de lavagem precisa apenas elevar a fração de oxigênio no circuito respiratório a um nível alto o suficiente para evitar que o mergulhador fique hipóxico.

4.8.7.2.4 Se o mergulhador for realizar uma infiltração na qual exija uma fase de natação de superfície (*turtle back*), a lavagem deve ser realizada na água antes da submersão e após o nado de superfície.

4.8.7.2.5 Se a missão exigir um procedimento de lavagem subaquática, isso será realizado com o mergulhador já submerso, imediatamente após a submersão.

4.8.7.2.6 Nesse caso mergulhador deve estar completamente familiarizado com o procedimento de lavagem e executá-lo cuidadosamente, prestando atenção aos detalhes para que possa ser realizado corretamente neste ambiente menos favorável.

4.8.7.3 Os seguintes erros no procedimento de lavagem podem resultar em uma porcentagem perigosamente baixa de oxigênio no FROGS e devem ser evitados:

a) Exalar de volta para o saco respiratório e não para a atmosfera, enquanto realizar o procedimento de lavagem.
b) Não desinflar totalmente o saco respiratório durante os ciclos de enchimento/esvaziamento.
c) Deixar o colete do FROGS e o colete de segurança muito justo ao corpo pode influenciar no bom funcionamento do equipamento, pois a falta de espaço para a expansão do saco respiratório pode resultar no procedimento de lavagem inadequado.

4.8.8 PROCEDIMENTOS SUBAQUÁTICOS

- Durante o mergulho, os mergulhadores devem seguir as seguintes diretrizes:

a) Conheça e observe os limites de exposição ao oxigênio.
b) Observe o tempo limite de absorção de CO2 pela cal sodada posicionada no canister.
c) Use a proteção térmica apropriada.
d) Use os lastros adequados para a proteção térmica usada e para os equipamentos que estão carregando (pesagem).
e) Use um profundímetro para permitir o controle preciso da profundidade.
    - A profundidade da dupla será sempre a maior profundidade atingida por qualquer mergulhador.
f) Os cangas devem verificar uns aos outros, cuidadosamente, quanto a vazamentos de gás no início do mergulho.
    - Isso deve ser feito na água após o procedimento de lavagem, mas antes de descer para a profundidade de trânsito.
g) Nade em um ritmo relaxado e confortável conforme estabelecido pelo nadador mais lento da dupla.
h) Mantenha frequentemente as verificações visuais ou táteis com o dupla.
i) Esteja alerta para quaisquer sintomas sugestivos de um distúrbio médico (toxicidade do oxigênio no SNC, acúmulo de dióxido de carbono etc).
j) Use as marés e correntes para obter o máximo de vantagem.
k) Mergulhar a 6 metros ou menos, a menos que os requisitos operacionais determinem o contrário.

l) Realize efetivamente as superfícies táticas de acordo com a necessidade operacional.
m) Minimize a perda de gás do FROGS.
n) Não use a o saco respiratório do FROGS como um dispositivo de compensação de flutuabilidade.
o) Não realize procedimentos de lavagem adicionais durante o mergulho, a menos que o bocal seja removido ou ar atmosférico tenha sido respirado.
p) Em caso de excursão, o mergulhador que não estiver usando a bússola, na função de segurança deverá observar cuidadosamente o horário de início e término da excursão.

4.8.9 PROCEDIMENTOS DE SUBIDA

- Realizar esse procedimento sempre em dupla.
- Seque o saco respiratório antes da subida.
- Retire o ar da máscara antes da subida.
- Suba lentamente.
- O segurança controla o momento da subida para que os dois aflorem ao mesmo tempo.
- A velocidade de subida nunca deve exceder 9 metros por minuto.

CAPÍTULO V

RECARGA DE CILINDROS DE OXIGÊNIO

5.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

5.1.1 O oxigênio (O_2) é um gás não inflamável, não tóxico, não corrosivo, insípido, inodoro que compõe cerca de 21% do ar atmosférico e é essencial para a manutenção da vida.

5.1.2 O oxigênio, quando combinado com outras substâncias, reage produzindo ação oxidante, como a ferrugem (oxidação lenta) e o fogo (oxidação rápida). O O_2, por si só, não é inflamável, contudo, ele alimenta a combustão de maneira muito rápida.

5.1.3 O oxigênio pode ser adquirido de empresas que fornecem gás industrial e pode possuir diferentes graduações para os mais diversos propósitos, dentre eles: uso medicinal, solda, mergulho recreativo, mergulho comercial, entre outros.

5.1.4 De acordo com as normas internacionais, o padrão de pureza do oxigênio é de 99.5 por cento sendo que os tipos de oxigênio mais comuns no mercado são: o Oxigênio USP (*United States Pharmacopoeia*) e o Oxigênio de Aviação.

5.1.5 O Oxigênio USP, por ser de uso medicinal, é o mais comumente encontrado no mercado e devido às suas características (grau de pureza e umidade) é o mais utilizado para a realização de misturas de ar enriquecido para mergulho.

5.1.6 O Oxigênio de Aviação é idêntico ao Oxigênio USP, exceto pelo fato de possuir menos umidade, característica que dificulta o seu congelamento.

5.2 PERIGOS NO MANUSEIO DO OXIGÊNIO PURO

5.2.1 Na atividade de mergulho, concentrações de oxigênio menores que 40% são tratados como ar enriquecido e concentrações acima de 40% são tratados como oxigênio puro.

– Essa distinção de ar enriquecido e oxigênio puro é muito importante no manuseio do oxigênio em alta pressão.

5.2.2 A utilização de oxigênio puro é cercada de perigos, tendo como os mais comuns a deflagração e o fogo.

5.2.3 A deflagração é uma combustão violenta com calor suficiente para derreter parte do sistema de contenção de pressão, resultando em uma explosão, o que pode oferecer grande risco a qualquer pessoa que estiver ao redor.

5.2.4 O fogo é o resultado da combinação de três elementos, conhecido como triângulo do fogo, que são: o combustível, a fonte de ignição e o comburente.

5.2.5 Para evitar uma combustão, é preciso remover um dos lados do triângulo. No caso em questão é necessário ter atenção ao material empregado no manuseio do gás, de forma que diminua a presença de materiais combustíveis (óleo, graxa, gordura, *O-Rings* etc) e remova as fontes de ignição.

5.2.6 Para a manutenção de sistemas que usam oxigênio em alta pressão, é necessária a utilização de graxa específica para esse fim.

5.2.7 Entre as poucas marcas existentes no mercado a mais comum é a graxa MCG 111 CHRISTO-LUBE.

5.2.8 A utilização de oxigênio puro exige uma atenção especial aos mecanismos de ignição do fogo, que são basicamente: calor de compressão, choque de partículas, calor friccional e faíscas/arcos elétricos/ eletricidade estática.

Fig 5.1 - Triângulo do fogo

5.2.9 O calor de compressão é o calor gerado quando um gás comprimido passa de baixa para alta pressão, normalmente esse fenômeno acontece quando uma curta seção de tubulação é rapidamente preenchida com um gás.

5.2.10 Nessa situação temperaturas de 800°C ou até maiores poderão ser alcançadas, o que traz grande perigo ao operador.

5.2.11 O choque de partículas em alta velocidade transforma energia cinética em energia térmica, podendo incendiar as próprias partículas ou o material no qual elas se chocam.

5.2.12 O calor friccional é um calor localizado e concentrado, causado pela fricção do fluxo de gás. Normalmente, acontece quando o gás passa por alguma passagem restrita, como exemplo, o assento de *nylon* de uma válvula desgastada.

5.2.13 Faíscas, arcos elétricos e eletricidade estática são descargas elétricas que

podem inflamar um ambiente enriquecido com oxigênio. Essas descargas elétricas são causadas por sistemas elétricos, motores, interruptores e descargas de eletricidade estática.

5.3 ANÁLISE DO OXIGÊNIO

5.3.1 Para realizar a análise do oxigênio, são utilizados analisadores que medem a pressão parcial do oxigênio na mistura de gases.

5.3.2 A análise é feita medindo a corrente elétrica gerada pela reação química no sensor.

Fig 5.2 - Analisador de oxigênio

5.3.3 No mercado existe uma grande variedade de modelos que vão dos mais simples aos mais complexos, mas todos eles funcionando de acordo com os mesmos princípios.

5.4 CUIDADOS ESPECIAIS

5.4.1 O transporte, o armazenamento e o manuseio do O_2 são cercados de perigos e devem ser realizados por pessoal treinado.

5.4.2 Durante o transporte de cilindros contendo oxigênio devem ser adotadas uma série de medidas para minimizar os ricos de acidentes, entre eles podemos citar:

a) manter as mãos limpas, evitando principalmente a presença material oleoso ou graxa;
b) antes do transporte, se for o caso, feche as válvulas e desconecte os reguladores com as mangueiras e outros equipamentos do cilindro;
c) os cilindros contendo o oxigênio comprimido devem ser manuseados cuidadosamente

de maneira a evitar quedas e choques violentos;
d) sempre que possível, realize o transporte em viatura bem ventilada e utilizando o capacete de proteção das válvulas;
e) antes de realizar o transporte de cilindros com gás comprimido, deve-se consultar a legislação em vigor;
f) não fumar próximo aos cilindros e, sempre que possível,
g) proteger os cilindros do sol e a exposição ao calor.

5.5 ARMAZENAMENTO DO OXIGÊNIO

5.5.1 Os cuidados com o armazenamento iniciam na fase do projeto do local onde o oxigênio será armazenado, na adaptação de instalações já existentes e no seu manuseio.

5.5.2 Sempre que possível, as instalações elétricas devem ficar na parte externa dentro de eletrodutos ou quando internas sejam à prova de explosão.

5.5.3 O local de armazenamento deve ser limpo e livre de materiais que possam reagir com oxigênio (óleo/graxa).

– Este local deve ser livre do risco de incêndios e longe de fontes de calor.

5.5.4 Deve possuir ventilação natural e espaço para manuseio.

5.5.5 Os cilindros devem ser armazenados em condições que dificultem o processo de corrosão.

5.6 CILINDROS DE O2

5.6.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS

5.6.1.1 De maneira geral, qualquer sistema de pressão que utilize oxigênio em concentrações acima de 40% deve passar por um tratamento para o uso com oxigênio.

5.6.1.2 Isso significa que o sistema deve ser projetado para o uso com oxigênio, limpo para o uso com oxigênio e compatível com oxigênio.

5.6.2 PROJETADO PARA O USO COM OXIGÊNIO

– O projeto de materiais que vão trabalhar com oxigênio puro deve minimizar a tendência de geração de calor, ignição de partículas ou acúmulo de contaminantes.

5.6.3 LIMPO PARA O USO COM OXIGÊNIO

– A limpeza para o uso de oxigênio é um termo usado para a ausência verificável de partículas, fibras, óleo, gordura, graxa e outros contaminantes.

5.6.4 COMPATÍVEL COM OXIGÊNIO

5.6.4.1 A compatibilidade de material significa que um material pode ser exposto a elevadas concentrações de oxigênio e a uma fonte potencial de ignição sem reagir.

5.6.4.2 Um exemplo de material que deve ser apropriado para o uso com o oxigênio puro são os *O-Rings* do regulador de primeiro estágio e da válvula do cilindro (torneira), que normalmente trabalham com pressão na casa dos 200 BAR/3000 PSI, esses O-Rings devem ser fabricados de Viton ou de EPND.

Fig 5.3 - Cilindros de oxigênio medicinal

5.6.5 OS CILINDROS DE OXIGÊNIO TRAZEM, ENTALHADAS NA PARTE SUPERIOR (COLARINHO), INFORMAÇÕES COMO:

- Órgão regulador,
- tipo de liga metálica,
- pressão de trabalho,
- pressão de teste,
- capacidade do cilindro em pés cúbicos,
- número de série,
- fabricante,
- data de fabricação,
- volume hidrostático,
- peso do cilindro, e
- data do último teste hidrostático.

Fig 5.4 – Exemplo de Marcações

5.6.6 TESTE HIDROSTÁTICO

5.6.6.1 Os procedimentos para a realização do teste hidrostático são regulados conforme legislação local.

5.6.6.2 Segundo as normas em vigor no Brasil, o teste hidrostático pode ser realizado:

a) pelo método de camisa d'água ou
b) pelo método de expansão direta conforme a CGA PAMPHLET C-1 e NBR 10288, respectivamente.

5.6.6.3 O teste é feito com a injeção de água dentro de um cilindro, a pressão da água vai aumentando de maneira gradual até que a pressão prevista para o teste (estabelecida pela marcação no corpo do cilindro) seja atingida.

5.6.6.4 Os cilindros de oxigênio para aplicação marítima, em condições normais de uso, deverão passar por teste hidrostático de 5 em 5 anos.

5.6.6.5 O teste poderá ser realizado antes da validade em casos de queda, exposição a altas temperaturas ou em casos de detecção de irregularidades na inspeção visual.

5.6.6.6 Por se tratar de um teste que segue normas específicas e requer que seja realizado por entidade certificada, as OMEM devem planejar a realização do teste ou reteste dos seus cilindros, adotando procedimentos legais para contratação de empresas certificadas e reconhecidas pela qualidade do seu trabalho.

5.6.6.7 Além do teste propriamente dito, é aconselhável que o trabalho contemple a limpeza interna, emissão de laudo e pintura (se necessário).

5.6.7 INSPEÇÃO VISUAL DOS CILINDROS

5.6.7.1 Os cilindros com gás comprimido devem obedecer a um regime de inspeções levando em consideração o seu grau de utilização.

5.6.7.2 A inspeção deve ser executada:

a) anualmente, em cilindros recarregados até cinco vezes por semana;
b) a cada quatro meses, em cilindros recarregados de seis a dez vezes por semana;
c) mensal, em cilindros recarregados mais de dez vezes por semana;
d) se houver problemas com a torneira ou no filtro do 1º estágio do regulador;
e) se houver barulhos no interior e ou odores estranhos;
f) se houver rompimento do selo de segurança; e
g) após teste hidrostático.

5.6.8 PROCESSO DE LAVAGEM DO CILINDRO

5.6.8.1 Antes de encher um cilindro novo ou que se encontra completamente vazio, deve ser realizado o processo conhecido como lavagem do cilindro, que tem por objetivo garantir que no cilindro contenha apenas oxigênio puro, eliminada a presença de outros gases.
5.6.8.2 O processo consiste em encher o cilindro de O^2 até a pressão de 50 Bar e, posteriormente, esvaziá-lo até alcançar a pressão de 10 Bar, repetindo esse procedimento por 02 (duas) vezes.

5.7 RECARGA DO CILINDRO DE OXIGÊNIO

5.7.1 A recarga de cilindros de oxigênio é um processo especializado e deve ser feito por profissionais treinados e capacitados que possuam, preferencialmente, formação compatível ou qualificação atestada por certificação profissional emitida por escola ligada ao governo ou por operadoras de mergulho como, por exemplo, a *Professional Association of Diving Instructors* (PADI), *National Association of Underwater Instructors* (NAUI), entre outras.

5.7.2 Os cilindros de oxigênio precisam ser recarregados em locais específicos, limpos e sem a presença de substâncias que possam reagir com o oxigênio.

5.7.3 O ferramental utilizado, se possível, deve ser de uso exclusivo para esta atividade.

5.7.4 A recarga dos cilindros utilizados no Mergulho a Oxigênio é realizada através da transferência do oxigênio puro contido nos cilindros adquiridos de empresas especializadas para os cilindros de oxigênio de menor volume.

5.7.5 No nosso caso, o cilindro utilizado no equipamento Aqua Lung FROGS.

5.7.6 O equipamento Aqua Lung FROGS vem acompanhado de cilindros de 2.1L O_2,

construídos em liga de alumínio não magnético, e possui 2.1 litros de volume hídrico e pressão de trabalho de 200 Bar/3000 PSI.

5.7.7 PROCESSO DE RECARGA

5.7.7.1 Os cilindros com o oxigênio puro são ligados, diretamente ou em sistema de cascata, ao aparelho transferidor (booster), específico para o trabalho com oxigênio puro, que pode ser manual ou elétrico.

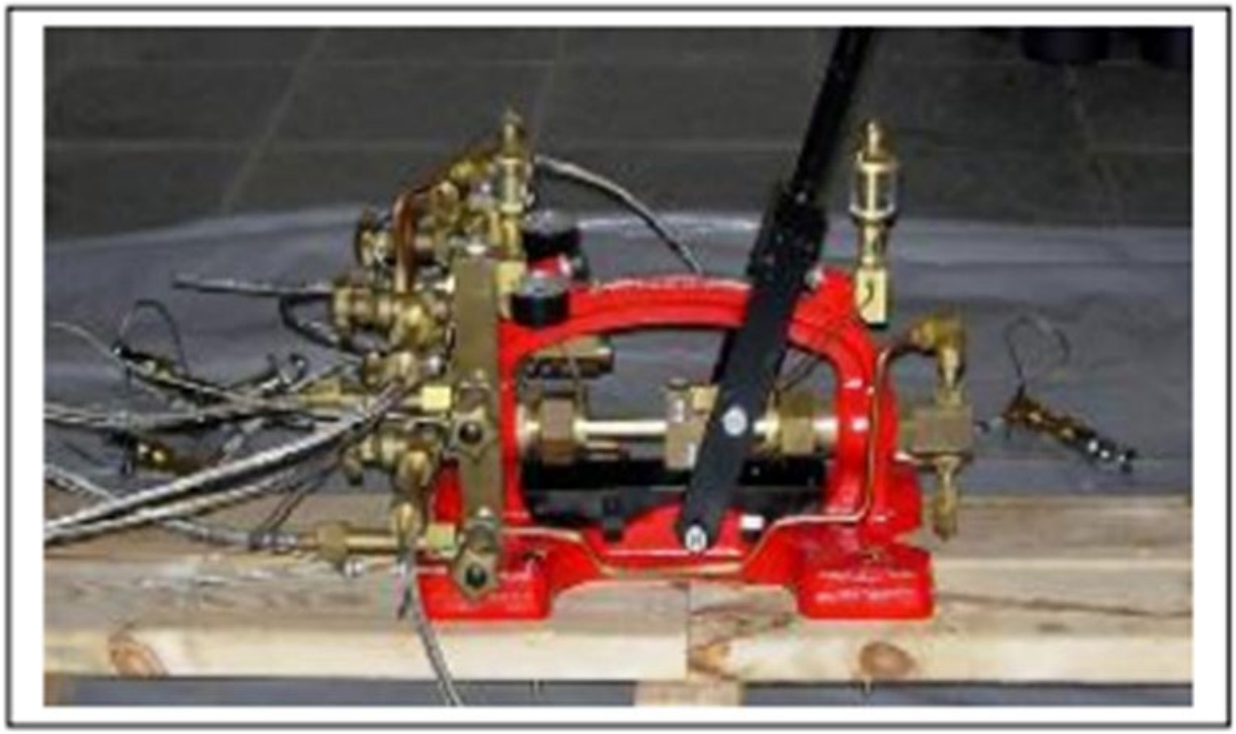


Fig 5.5 - Transferidor de oxigênio manual

Fig 5.4 - Transferidor elétrico de oxigênio (booster)

5.7.7.2 Devido ao fato de haver uma grande variedade de transferidores no mercado, é recomendável que durante o processo de aquisição seja solicitada uma entrega técnica, ocasião em que um profissional habilitado ensinará a operação do equipamento.

5.7.7.3 Os manuais de operação e o ferramental devem acompanhar os equipamentos no ato do recebimento. Os manuais servirão de fonte de consulta em aspectos ligados à operação e à manutenção.

5.7.8 ALGUNS PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS SÃO COMUNS DURANTE A RECARGA NA MAIORIA DOS TRANSFERIDORES ELÉTRICOS, COMO:

a) verificar se todas as conexões foram feitas corretamente;
b) verificar se o cilindro foi colocado em uma estação de enchimento apropriada;
c) verificar se o desligamento automático não é maior que a pressão máxima do cilindro;
d) abrir lentamente a cascata ou cilindro fonte até ficar totalmente aberta;
e) abrir lentamente a válvula do cilindro que será recarregado;
f) abrir lentamente a válvula de saída no painel do transferidor até ficar totalmente aberta, quando houver diferença de pressão entre os cilindros, aguardar que o processo de equalização seja concluído, o que pode ser verificado através do som produzido;
g) aguardar o fim do processo de equalização para ligar o transferidor;
h) acompanhar todo o processo de transferência através dos manômetros do painel, ficando em condições de desligar, se necessário, o transferidor de maneira manual assim que a pressão de trabalho for alcançada;
i) ao final da recarga, fechar a válvula do cilindro que será recarregado;
j) fechar a válvula de saída no painel do transferidor até ficar totalmente fechado;
k) aliviar a pressão entre a válvula de saída do transferidor e a válvula do cilindro através do botão de purga; e
l) verificar a todo momento os manômetros de entrada e saída.

5.8 RECARGA DO CILINDRO DE AR AUXILIAR DO COLETE DE SEGURANÇA

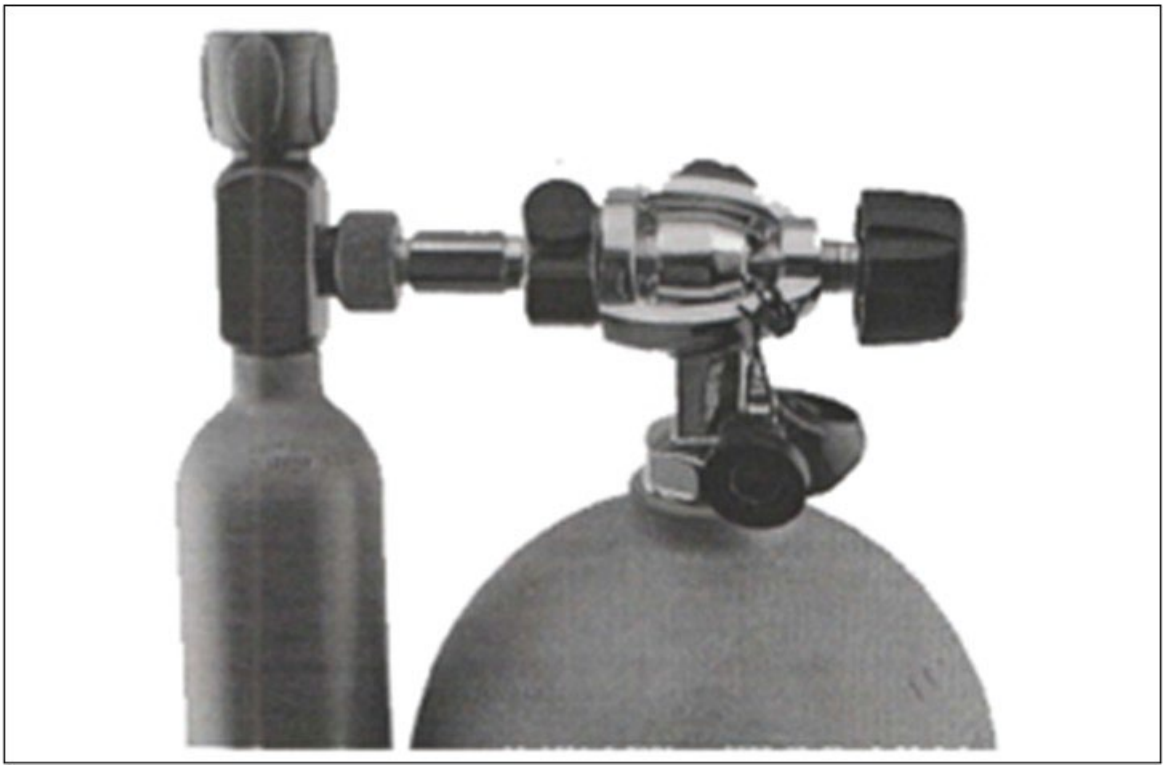


Fig 5.7 - Recarga do cilindro auxiliar de ar

5.8.1 Diferente do mergulho a ar comprimido (*SCUBA*), que é normalmente executado com o auxílio de coletes equilibradores ligados à fonte de ar através de uma mangueira de baixa pressão, o equipamento para o mergulho fechado não possui essa ligação. A fonte de ar necessária para inflar o colete de segurança (*Buoyancy Jacket*) é um cilindro de pequeno volume conectado diretamente ao colete conhecido como Cilindro de Ar Auxiliar.

5.8.2 O Cilindro de Ar Auxiliar é construído com material não magnético e possui um volume hídrico de 0.5L e pressão de trabalho de 206 Bar/3.000 PSI.

5.8.3 A recarga do Cilindro Auxiliar de Ar, normalmente, se faz através do processo de equalização.

5.8.4 PROCESSO DE EQUALIZAÇÃO

5.8.4.1 A equalização do cilindro auxiliar de ar que acompanha o equipamento *Aqua Lung* FROGS é feita utilizando um adaptador específico. O adaptador é um item opcional e não faz parte do conjunto básico fornecido pela *Aqua Lung*.

Fig 5.8 - Adaptador para recarga

5.8.4.2 O processo de equalização deve ser precedido de uma inspeção visual do cilindro que será recarregado, ocasião que serão verificados principalmente os *O-Rings* e a data do último teste hidrostático.

5.8.4.3 Antes de realizar a recarga, a pressão de trabalho do cilindro que irá servir de fonte deverá ser verificada. Essa pressão não deverá ultrapassar 206 Bar, pois o excesso

de pressão pode provocar a ruptura do Cilindro Auxiliar de Ar.

5.8.4.4 O Cilindro Auxiliar de Ar deve ser ligado por meio do adaptador (Fig 5.8) a um cilindro de maior volume, um S80, por exemplo, que servirá de fonte de ar comprimido.

5.8.4.5 Quando as válvulas forem abertas, o cilindro com maior pressão transferirá o ar comprimido para o de menor pressão até que as pressões fiquem equalizadas. Ao fim do processo, o Cilindro Auxiliar de Ar possuirá a mesma pressão do cilindro utilizado como fonte.

5.8.4.6 Por se tratar de um cilindro de ar comprimido, a sua recarga deve obedecer aos mesmos aspectos de segurança das recargas de cilindros utilizados no mergulho autônomo de circuito aberto e deve ser submetido a teste hidrostático de cinco em cinco anos ou a qualquer momento quando for julgado necessário.

REFERÊNCIAS

AQUA LUNG INTERNATIONAL. **Combat Swimmer Vest**. Carros Cedex: *Aqua Lung International*, 2003. 50p.

AQUA LUNG INTERNATIONAL. **FROGS *Closed Circuit Oxygen Diving Equipment*: *Operating and Maintenance Manual***. Carros Cedex: *Aqua Lung International*, 2003. 49 p.

DIVING SCIENCE AND TECHNOLOY. *Gas Blender Manual*. Santa Margarita Ranch: PADI, 2008. 67p.

ACADEMIA DE INGENIEROS. **Curso de *Buceador de Asalto***. Zaragoza: ACING, 2014. 174 p.

SIERRA PRECISION. ***Eletric Air Booster: Maintenance and Operating Manual***. Rancho Cucamonga: Sierra Precision, 2002. 28 p.

UNITED STATES NAVY. U.S. ***Navy Diving Manual***. Washington: U.S. NAVY, 2011. 992 p.

COMANDO DE OPERAÇÕES TERRESTRES

Brasília, DF, 11 de abril de 2025

https://portaldopreparo.eb.mil.br